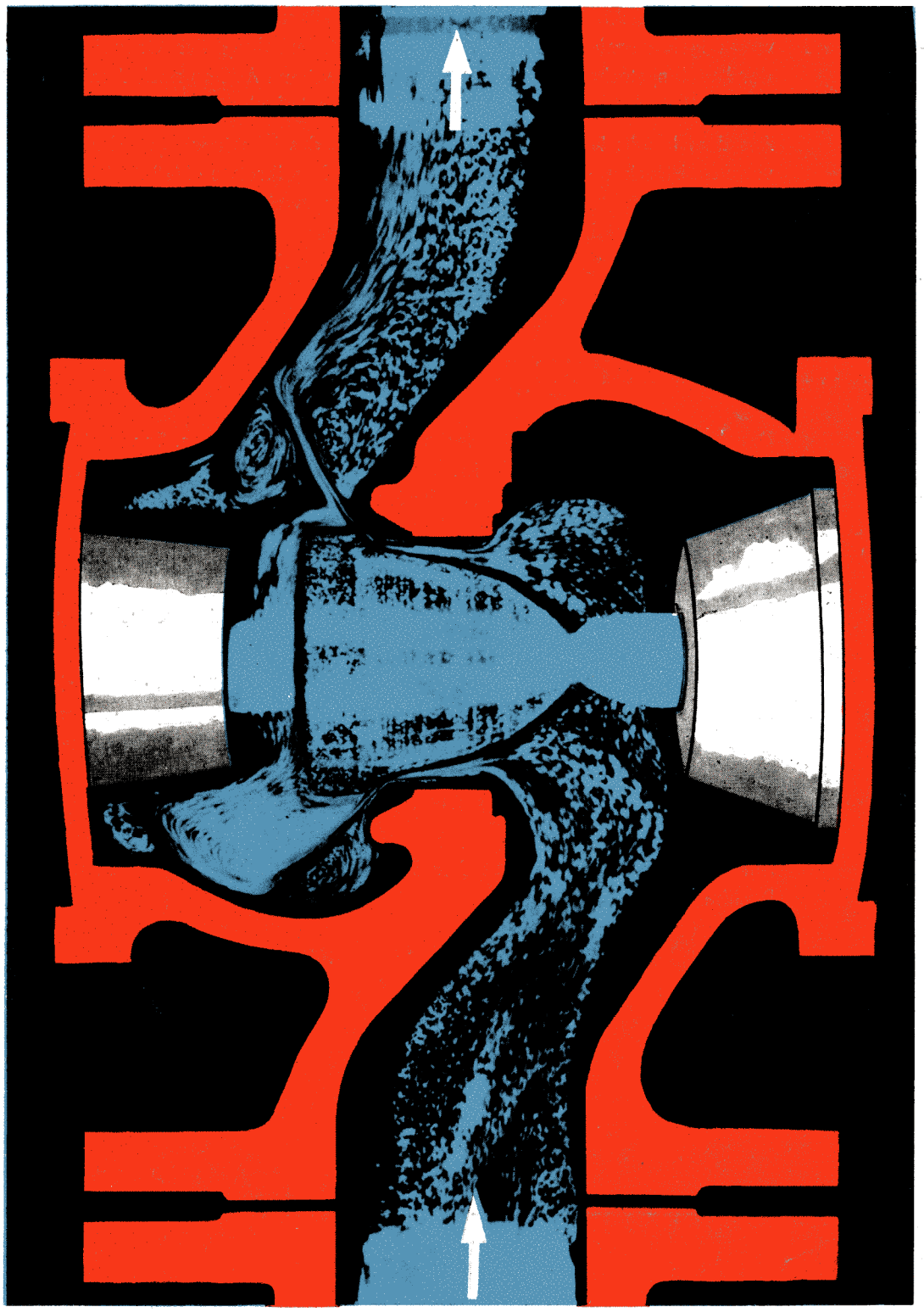
12 msr

1980 **messen • steuern • regeln**



23. Jahrgang
Heft 12
Dezember 1980

Verlagspostamt Leipzig
EVP: 4,— M

**VEB
Verlag Technik
Berlin**

Index 32525
ISSN 0026-0347

Von Prof. Dr.-Ing. Władysław Findeisen
Professor am Warschauer Polytechnikum und Direktor des Instituts für Automatik

Grundlagen des Entwurfs von Regelungssystemen

380 Seiten, 338 Bilder, 36 Tafeln, Leinen, 35,— M, Ausland 42,— M.
Bestell-Nr. 5517177

Das Buch erleichtert dem Praktiker die Projektierung und Inbetriebnahme von Regelungsanlagen. Es bringt keine Wiederholung der Grundlagen der Regelungstechnik, sondern richtet sich in seinem Aufbau nach dem Ablauf der Arbeiten an einer regelungstechnischen Aufgabe.

Aus dem Inhalt: Regelstrecken · Bestimmung des Übertragungsverhaltens von Regelstrecken · Aufgaben und Aufbau des Regelkreises · Meßeinrichtungen · Stelleinrichtungen · Aufbau und Wirkungsweise von Reglern · Wahl des Reglers · Einstellung des Reglers · Untersuchung der Eigenschaften einiger Regelkreise · Mehrgrößenregelsysteme (multivariable Systeme).

Hierarchische Steuerungssysteme

206 Seiten, 73 Bilder, 2 Tafeln, Kunstleder, 27,— M. Bestell-Nr. 5524959. Vertriebsrechte für BRD, Berlin(West), Österreich und Schweiz vergeben.

Der Autor geht von konkreten technologischen Prozessen aus. Er vermittelt zunächst deren mathematische Modelle und befaßt sich mit der Formulierung der technologischen Optimierungsforderungen. Danach erst werden verschiedene Methoden des Aufbaus hierarchischer Steuerungssysteme dargelegt. Nach dem Erläutern der Methoden zur (prozeßentkoppelten) Mehrebenenoptimierung werden im letzten großen Abschnitt die Methoden zur (prozeßentkoppelten) Mehrebenensteuerung derartiger hierarchischer Systeme vorgestellt.

Hauptabschnitte: Mathematische Modelle von Steuerungsobjekten · Optimale Prozeßverläufe · Aufgaben und Strukturen von Steuerungssystemen · Mehrschichtsysteme zur Steuerung eines dynamischen Objektes · Methoden zur Optimierung komplizierter Systeme · Steuerung komplizierter Systeme.

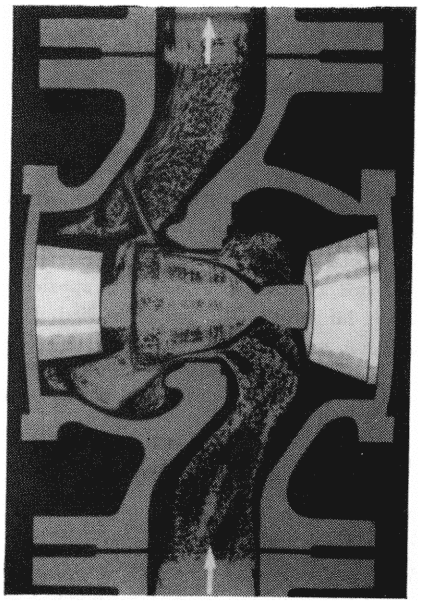
Aus dem Polnischen. In deutscher Bearbeitung. Auslieferung durch den Buchhandel

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

msr

messen · steuern · regeln

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift für die Automatisierungstechnik



In Drosselstellgliedern erfolgt die Energieumsetzung in Wärmeenergie hauptsächlich durch innere Reibung im Förderstoff und durch Verwirbelung. Das Bild zeigt den Strömungsvorgang in einem Einheitsstellventil nach TGL 21 621, aufgenommen an einem Halbmodell mit dem Strömungsmittel Wasser. Die Wirbelbildung ist trotz kleiner Reynoldszahl bereits stark ausgebildet. Theoretische und praktische Beiträge zur Thematik „Stelltechnik" sind Inhalt dieses Schwerpunktheftes.

Titelgrafik: *G. Schwesinger*

Bildvorlage: *W. Bettenhäuser, R. Knieschke*

Herausgeber:
Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA) in der KDT

Redaktionsbeirat:
Obering. G. F. Berg, Dr. rer. nat. A. Borgwardt, Dr.-Ing. E.h.W. Britall, Prof. Dr.-Ing.W. Fritzsch, Doz. Dr.-Ing. H. Fuchs, Dr. rer. nat. H. Gena, Dipl.-Ing. H. Gottschalk, Dr.-Ing. K. Hilscher, Prof. Dr.-Ing. habil. D. Hofmann, Dipl.-Ing. K. Keller, Prof. em. Dr. phil. nat. Dr.-Ing. E. h. H. Kindler, Dipl.-Phys. G. Meister, Dr.-Ing. J. Müller, Prof. Dr. sc. techn. R. Müller, Obering. K.-H. Nagel, Prof. Dr.-Ing. S. Pilz, Dr.-Ing. W. Reichel, Prof. Dr. sc. techn. K. Reinisch, Dr.-Ing. H. Schulze, Prof. Dr.-Ing. H. Töpfer, Prof. Dr. sc. oec. G. Viehweger

Die Zeitschrift wurde 1979 mit der Ehrenplakette der KDT in Silber ausgezeichnet.

12 23. Jahrgang Dezember 1980

VEB VERLAG TECHNIK

AUFSÄTZE

ISSN 0026-0347

662 Forderungen der BMSR-Technik der chemischen Industrie an Stellarmaturen in Regelungs- und Steuerungseinrichtungen

664 *W. Bettenhäuser*
Statisches Verhalten von Druckregelstrecken und Fragen der automatisierungsgerechten Anlagengestaltung

671 *K. Thomas*
Kennlinien für Stellventile der Darstellung $k_p(y)$

677 *G. Hantsch und G. Krause*
ursapneu — Stellgerätereihe, Zubehör für Membranstellantriebe

680 *S. Müller* und *A. Pomsel*
Druckversorger-Reihe — neue Generation von Druckluftaufbereitungsgeräten

683 *M. Soltys* und *H. Rotzsch*
Elektrische Stellantriebe KLIMATERM

687 *E. Sachse*
Schalterstellglied im System „ursamar 4000"

690 *K. Thomas*
Auslegung von Stelleinrichtungen auf der Basis von SI-Einheiten

695 *E. Flämig* und *W. Witke*
Eigenschaften von Thyristorstellgliedern

697 *R. Wolf* und *K. Fiedler*
Elektronische Schaltungen der Automatisierungstechnik (XXIII)

701 *V. Fiala*
Optimierung vorgesteuerter Druckventile

704 **KURZBEITRAG**

707 **TAGUNGEN UND KOLLOQUIEN**

711 **TECHNISCHE INFORMATIONEN**

713 **PATENTREFERAT**

714 **BUCHBESPRECHUNGEN**

717 **KURZINFORMATIONEN**

3. US **NEUE BÜCHER AUS DER UDSSR**

Forderungen der BMSR-Technik der chemischen Industrie an Stellarmaturen in Regelungs- und Steuerungseinrichtungen[1)]

IA 4.6.

0. Einleitung

Die Entwicklung der Mikroelektronik und neue Prinzipien in der Meßtechnik haben eine neue Phase in der Automatisierungstechnik eingeleitet. Aber alle Fortschritte in der Meßwertgewinnung und Informationsverarbeitung bringen nur dann einen hohen Effekt, wenn auch die Technik des Eingriffes in den Prozeß — die Stelltechnik — sich proportional mit weiterentwikkelt.

In Anbetracht dieser Tatsache möchte der FUA „Meß- und Gerätetechnik" im FA „Messen-Steuern-Regeln in der chem. Industrie" der KDT auf die notwendige proportionale Entwicklung der Stelltechnik besonders hinweisen und hat zu diesem Zweck die Forderungen der chemischen Industrie an die Stellarmaturen und deren Hersteller zusammengestellt. Neben materialökonomischen Aspekten wird besonderer Wert auf die Verbesserung der Gebrauchswerteigenschaften, wie erhöhte Zuverlässigkeit, geringe Wartung, hohe Einstellgenauigkeit, geringe Lärmentwicklung, große Stellkräfte und in speziellen Fällen auch hohe Stellgeschwindigkeit usw. gelegt. Die Erfüllung dieser Forderungen ist nicht ausschließlich mit der Verbesserung herkömmlicher Armaturen zu erreichen. Vielmehr sind eine Reihe neuer Wirkprinzipien einzuführen und bereits benutzte Wirkprinzipien qualitativ zu erweitern.

Im folgenden werden zu den verschiedenen Kategorien von Stellorganen diesbezügliche Ausführungen gemacht.

1. Stellventile

Das „klassische" Stellventil wird nach wie vor eingesetzt werden. Es sollte aber aus Gründen der Materialökonomie und Gebrauchswerterhöhung dem Einsitzventil der Vorzug gegeben werden. Dabei sind Ventile mit druckentlastetem Kegel zu entwickeln. Für den Einsatz bei erhöhter Kavitationsgefahr sind spezielle Garnituren erforderlich. Ob dabei eine Stufenkegelausführung oder die Käfiggarnitur zum Einsatz kommen sollte, müßte noch überprüft werden.

Der Einsatz des „klassischen" Einsitzventils sollte zukünftig erst ab einem bestimmten Differenzdruckbereich erfolgen, da bei geringeren Differenzdrücken die Verwendung von Klappen als günstiger angesehen wird. In welchem Maße Drehkörperarmaturen den Einsatz des Ventils noch verringern werden, muß die Entwicklung zeigen. Auch bei größeren Nennweiten wird ein Ersatz von Ventilen durch Drehkörperarmaturen oder Klappen für erstrebenswert gehalten. Es gibt bei den Einsitzventilen eine Reihe von Sonderformen, die unbedingt benötigt werden, aber nicht in ausreichender Menge auf dem Markt sind. Dies sind u. a.:

— Eckventile

Sie haben sich in Hochdruckanlagen und bei der Entspannung von ausgasenden Flüssigkeiten gut bewährt. Das Angebot sollte hinsichtlich Nennweiten, Nenndrücken und Materialien wesentlich erweitert werden.

— Mikroflowventile

Diese Ventile haben Durchflußkapazitäten von $k_{V\max} \approx \approx 2{,}5\ m^3/h$ bis herab zu $k_{V\max} = 0{,}001\ m^3/h$, in Sonderausführungen noch niedriger.

Üblich sind bei diesen Ventilen große Regelbereiche (1:100, in Sonderausführungen noch größer), was durch spezielle Konstruktionen u. a. mit längerem Hub erreicht wird. Bei den geringen Abmessungen sollten sie möglichst gleich für höhere Druckstufen ausgelegt werden.

— Zweiwegeventile

Sie gestatten eine Aufteilung oder Mischung von Stoffströmen.

— Entspannungsventile mit geräuschmindernden Garnituren

Sie können in Eckform oder Durchgangsform ausgebildet sein. Bei der Entspannung von Gasen und Dämpfen haben diese Ventile für den Arbeitsschutz und den Umweltschutz große Bedeutung.

Die wesentlichsten Wartungsarbeiten bei den herkömmlichen Ventilen liegen in der Wartung der Stopfbuchse, die zum überwiegenden Teil als Hubstopfbuchse ausgeführt ist. Wenn es ohne wesentliche Nachteile für den Einsatz gelingt, diese durch eine Drehstopfbuchse zu ersetzen, so wird eine weitere Senkung der Wartung möglich werden.

2. Drosselklappen

Als Stellorgane für Leitungen größerer Nennweite bei niedrigen Nenndrücken und geringen Differenzdrücken über dem Stellglied werden in der chemischen Industrie in Zukunft überwiegend Drosselklappen eingesetzt werden. Bei der Drosselklappe liegt der Materialaufwand gegenüber dem Ventil wesentlich niedriger. Es muß demzufolge auf eine beschleunigte Entwicklung dieser Stellorgane gedrängt werden. Bei guter Dimensionierung haben Drosselklappen einen ausreichenden Regelbereich und benötigen relativ niedrige Stellkräfte. Um eine moderne und einbaugünstige, kompakte Ausführung dieser Stellorgane zu erreichen, müssen sie mit einem leistungsfähigen, kompakten pneumatischen Antrieb mit Winkelausgang versehen sein.

3. Drehkörperventile

Drehkörperventile haben sich in letzter Zeit sowohl für Auf-Zu-Steuerungen, als auch für kontinuierliche Drosselungen zunehmend eingeführt. Sie sind dem „klassischen" Ventil eine

[1)] Standpunkt des FUA „Meß- und Gerätetechnik" im FA „Messen-Steuern-Regeln in der chemischen Industrie" der KDT.

echte Konkurrenz, besonders bei größeren Nennweiten und mittleren, neuerdings sogar hohen Druckbereichen sowie mittleren und hohen Differenzdrücken über dem Ventil. Sie sind bezüglich der Materialökonomie günstiger als die „klassischen" Ventile und können zur Regelfunktion noch die Funktion des dichten Schließens ohne wesentlichen Aufwand mit übernehmen. Bei der Verwendung von Metalldichtungen sind sie bis 500 °C einsetzbar, was aber keine prinzipielle Grenze darstellen dürfte. Außerdem haben sie die wartungsarme Drehstopfbuchse. Es sind Einsatzfälle bekannt, wo diese Stellglieder sich bei hohen Entspannungen in ausgasenden Flüssigkeiten und in stark schmirgelnden Flüssigkeits-Feststoff-Suspensionen gut bewährt haben. Der Regelbereich liegt mindestens so gut wie der eines Ventiles, oft ist er besser.

Die Form des Drehkörpers ist bei den auf dem Markt befindlichen Drehkörperventilen sehr verschieden. Sie kann die Form von Kugeln (sog. Kugelhähne), Küken, Kugelsegmenten usw. haben. Es gibt dabei kontinuierliche Übergänge bis zur Drosselklappe.

Zur Betätigung sind Antriebe mit Winkelausgang notwendig. Obwohl Drehkörperventile in der chem. Industrie noch nicht in hohem Umfange eingesetzt sind, so kann man bereits jetzt feststellen, daß sie in der Zukunft unentbehrlich sein werden.

4. Spezielle Stellorgane

Unter dieser Kategorie sind 2 Stellorgantypen zusammengefaßt, die auf verschiedenen Prinzipien beruhen:

— Turbulenzdrosseln

Stellorgane mit Turbulenzdrosseln sind als Stellglieder für Grundlasteinstellungen zu verwenden, da sie auch im gesperrten Zustand einen Mindestdurchfluß aufweisen. Die Ansteuerung könnte z. B. mit impulsbreitenmodulierten Signalen von einem Magnetventil über ein Wandstrahlelement erfolgen. Die Steuerung muß oft mit dem gleichen Medium erfolgen, welches auch in der zu regelnden Leitung fließt. Eine solche Stelleinrichtung könnte extrem wartungsarm sein. Jedoch sind noch eine Reihe von Grundlagenarbeiten notwendig, um für die Entwicklung solcher Stellglieder die notwendigen Voraussetzungen zu schaffen.

— Schieber mit Regelscheiben

Die Regelscheiben arbeiten entweder linear oder besser noch drehbar. Derartige Stellorgane stellen spezielle Lösungen für Medien mit niedrigem Druck dar und sind für große Regelbereiche auslegbar. Sie werden auch als Handstellorgan für fein regulierbare Heizungen eingesetzt und stellen eine gute ökonomische Lösung dar.

5. Stellantriebe und Zubehör

Die Entwicklung neuer und verbesserter Stellelemente zum Eingriff in die Produkt- oder Energieströme erfordert auch eine Verbesserung der Antriebe und des Zubehörs. Mit dem Übergang zu neuen Anlagendimensionen und den sich daraus ergebenden notwendigen Prozeßeingriffen reichen in vielen Fällen Kraft und Stellgeschwindigkeit derzeitiger Antriebe nicht mehr aus. Da aus Gründen des Ex-Schutzes der pneumatische Stellantrieb sich in der Chemie gut bewährt hat, ist besonders eine Entwicklung von leistungsfähigen pneumatischen Stellantrieben notwendig. Zum Beispiel ist es möglich, durch die Änderung des mechanischen Eingriffs über Winkelhebel und ein neuartiges Verbindungssystem beim normalen Membranantrieb die etwa 6fache Verstärkung der Stellkraft zu erreichen. Der Membranantrieb würde dann seitlich an das Ventil angebaut. Auch der Antrieb selbst kann durch die Entwicklung von mehrstufigen Membranantrieben in seiner Leistung gesteigert werden. Es sind Antriebe dieser Art bekannt, die bei 5 Stufen und etwa 0,6 MPa Hilfsluftdruck Stellkräfte von 330 kN erzielen.

Speziell für den Antrieb von Drehkörperventilen, Drosselklappen usw. sind Stellantriebe mit Winkelausgang notwendig. Besonders bewährt hat sich dabei der Doppelkolbendrehantrieb. Er gestattet auch die Möglichkeit, eine gefahrlose Endlage durch Federkraft zu erreichen.

Von großer Wichtigkeit ist, daß jeder Antrieb mit einer einkuppelbaren Handverstelleinrichtung ausrüstbar sein sollte. Besonders günstig ist der Handeingriff bei dem bereits erwähnten Stellantrieb mit Winkelhebel realisierbar. Wenn ein Vor-Ort-Wechsel des Stellantriebs nach Einkuppelung des mechanischen Handeingriffs möglich wäre, könnte oft auf den Umgang und zusätzliche Absperr- und Stellorgane verzichtet werden. Einstellbare mechanische Stellwegbegrenzungen nach beiden Seiten sind ebenfalls für Stellorgane der neuen Generation wünschenswert. Für die genaue Positionierung der Stellorgane sind Ventilstellungsregler notwendig. Ob diese Funktion später einmal von einem Mikroprozessorregler übernommen wird, wird die Entwicklung zeigen. Auf alle Fälle sollte bei Neuentwicklungen von Ventilstellungsreglern modularer Aufbau vorgesehen werden. Es könnten z. B. die Ventilstellung durch ein induktives oder auf jeden Fall kontaktloses System abgetastet werden, der eigentliche Stellungsregler rein elektrisch arbeiten und der Ausgang des Reglers auf einen speziellen, schwingungsarmen, hochleistungsfähigen elektropneumatischen Wandler wirken. Der Wandler selbst müßte auch höhere Luftdrücke für Kolbenantriebe aussteuern können und sowohl für einseitig als auch doppelseitig wirkende Antriebssysteme einsetzbar sein.

6. Spezielle Auslegungen

Auf alle Fälle gehören zu einem umfassenden Sortiment auch ganz spezielle Stellglieder. Ohne diese speziellen Stellglieder ist eine durchgehende Automatisierung der Verfahren unmöglich. Andererseits kann häufig gerade das fehlende spezielle Stellglied als Einzelgerät nicht auf dem Importwege beschafft werden. Es muß also dafür gesorgt werden, daß auch solche speziellen Stellglieder zur Verfügung stehen. Hierunter fallen u. a.:

Unterteile mit Heizmantel, Zwischenstücke für den Einsatz von Stellgliedern bei extrem hohen oder extrem niedrigen Temperaturen des Prozeßmediums, spezielle Stopfbuchsteile für extreme Dichtheit, Unterteile aus speziellen Materialien, Unterteile für Höchstdrücke, Unterteile für schmirgelnde Schlämme, Unterteile mit besonderer, dem speziellen Verwendungszweck angepaßter, konstruktiver Gestaltung usw.

7. Theoretische Arbeiten

Neben den Entwicklungen sind für die Einsatzvorbereitung auch eine Reihe von Angaben notwendig, die gegenwärtig nicht ausreichend zur Verfügung stehen. Dies betrifft u. a.:

— Ermittlung von Korrekturfaktoren für die üblichen Stellventilberechnungen für Gase und Dämpfe, wenn sich der Druckabfall im Bereich zwischen $0{,}2 \cdot p_1$ und kritischem Druckabfall bewegt, da dann die tatsächlichen Werte mehr als 10% von der Berechnung abweichen

— Ermittlung der Grenze der Kavitation durch Ermittlung von spezifischen Konstanten

— Aufstellung von Korrekturfaktoren für Kompressibilität

— Behandlung des Zweiphasendurchflusses

— Berechnung der Austrittsgeschwindigkeit, bei der durch Schockwellen gefährliche Schwingungen auftreten können

— Bestimmung der Geräuschentwicklung bei Entspannungsventilen
— Untersuchungen des Strömungseinflusses für hochviskose Flüssigkeiten

Diese Aufstellung ist nicht erschöpfend und soll nur andeuten, daß auch hier noch Arbeit zu leisten ist.

8. Gesamtvolkswirtschaftliche Forderungen

Die von der chem. Industrie erhobenen Forderungen an Stellorgane für Regelungs- und Steuerzwecke sind natürlich auch für andere Industriezweige bedeutungsvoll. Es wäre gut, wenn alle Industriezweige ihre speziellen Forderungen formulierten, damit bei der Konstruktion von neuen Stellorganen alle Anforderungen komplex berücksichtigt werden könnten. Zum Beispiel hat sicher auch die Lebensmittelindustrie Interesse an Kugelhähnen, jedoch müßten diese leicht und schnell zu reinigen sein, während die Schmierstoffindustrie für den gleichen Kugelhahn mehr Wert auf seine Beheizbarkeit (Heiztaschen) legen könnte usw.
Bei der Abstimmung der Anforderungen über alle Industriezweige könnten sich außerdem auch Verschiebungen von Entwicklungsschwerpunkten für bestimmte Stellorgane ergeben, was nur im Gesamtrahmen sichtbar werden kann.
Es wird eingeschätzt, daß die Lebensmittelindustrie, die Lack- und Farbenhersteller und die Landwirtschaft an den im Abschn. 3. erwähnten Kugelhähnen ebenfalls interessiert sind.
Das Gasverbundnetz wird mehr Interesse zeigen an Drehkörperventilen mit Kugelsegmenten und auswechselbarer Regelscheibe, die, mit speziellem Antrieb ausgerüstet, für die Regelungs- und Sicherheitstechnik in Gasnetzen gut einsetzbar sind. Einen zunehmend wichtiger werdenden Sektor stellt auch die Energieversorgung in der Gebäudewirtschaft dar. Hier muß größter Wert auf extreme Wartungsarmut gelegt werden. Es könnten dabei in den Heizzentralen Drehkörperventile mit Kugelsegmenten und später evtl. entsprechend angesteuerte Turbulenzdrosseln gut einsetzbar sein. Auch Mischventile spielen hier eine Rolle, für die die unterschiedlichsten Konstruktionen vom „klassischen" 2-Wegeventil über 2-Wegeventile als Drehkörperarmatur oder evtl. sogar Mischungen über Turbulenzdrosseln möglich sind. Für die Kleinregelung, d. h. Heizkörper und Heizstränge, sind die im Abschn. 4. aufgeführten Schieber mit drehbarer Regelscheibe — sogen. Düsenregelhähne — günstige Lösungen, wobei diese Stellorgane auch von Thermostaten aus angesteuert werden können.
Die Forderungen der Wasserwirtschaft zur Automatisierung der Netze sind spezifisch und wahrscheinlich wenig mit den Forderungen der chemischen Industrie identisch, das Gleiche dürfte auch für die Forderungen der pharmazeutischen Industrie gelten.
Die Forderungen der Kraftwerke sind, zumindest was die Großarmaturen an Dampfkesseln anbetrifft, ebenfalls recht speziell und von der chem. Industrie abweichend. Das Problem der Lärmentwicklung in Stellventilen besteht allerdings ebenfalls.
Die Silikatindustrie wiederum könnte vorrangig Interesse an Stellorganen haben, die in Gasnetzen mit sehr geringen Drücken einsetzbar sind. Dies wären Drosselklappen und Schieber mit Regelscheiben. Sie sind zur Regelung von gasbeheizten Öfen notwendig.
Die aufgeführten Beispiele erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie sollen vielmehr die Schwierigkeiten und die komplexe Problematik aufzeigen, die bei der Aufstellung von allgemein gültigen Entwicklungsforderungen auftreten.

Schlußbemerkungen

Die angegebenen Forderungen sind sicher nicht kurzfristig lösbar. Sie sollten aber in die Entwicklungspläne aufgenommen und entsprechend ihrer Dringlichkeit bearbeitet werden. Als besonders vordringlich sind dabei solche Aufgaben zu sehen, bei denen eine Materialeinsparung offensichtlich ist, wie etwa bei Drosselklappen und Drehkörperventilen, sowie solche Dinge, die das weitere Fortschreiten der komplexen Automatisierung hemmen, wie z. B. das Fehlen von Hochleistungsstellantrieben und Unterteilen spezieller Konstruktionen.
Die Forderungen sollen als Hinweis gelten und enthalten deshalb nur wenige Details. Diese könnten bei Diskussionen mit dem FUA näher erörtert werden.

msr 6910

Dr.-Ing. *W. Bettenhäuser*, Leipzig[1])

Statisches Verhalten von Druckregelstrecken und Fragen der automatisierungsgerechten Anlagengestaltung

IA 3.2.1.5.; 4.0.

0. Einleitung

Genaue Kenntnisse über das statische Verhalten von Regelstrecken und davon abgeleitete Projektierungsvorschriften bestehen streng genommen nur für Durchflußregelungen und hier nur für den Fall der vollkommen turbulenten Strömung in allen Baugliedern. Auch ist hier die Zielstellung, über eine lineare Abhängigkeit der Regelgröße Volumenstrom von der Hubstellung des Stellgliedes einen konstanten Übertragungsfaktor anzustreben, klar. Treten jedoch andere Regelgrößen, wie Druck, Temperatur, Konzentration u. a. in Erscheinung, so sind oft weder die genauen Verläufe der statischen Kennlinien noch exakte Auswahlvorschriften, manchmal nicht einmal die Zielstellungen, ausreichend bekannt. Läßt man jedoch die gleichen grundsätzlichen Überlegungen, die bei Durchflußregelstrecken für die Regelgröße Volumenstrom gelten, auch für andere Regelgrößen zu, so kommt man zu anderen als bei der Regelgröße Volumenstrom üblichen Projektierungs- und Auswahlvorschriften. So ist z. B. für das Stellen der Temperatur eines Produktstromes an einem Wärmeübertrager die Zuordnung zwischen Volumen- bzw. Massestrom des Heiz- oder Kühlmittels und der erreichten Produkttemperatur im allgemeinen nichtlinear. Soll eine der Durchflußregelung entsprechende Zielstellung — linearer Zusammenhang zwischen Temperatur und Hubstellung des

[1]) Mitteilung aus der TH Leipzig, Sektion Automatisierungsanlagen. Der Verfasser dankt Hochschul-Ing. *K. Rausch* sowie Schülern der EOS „Karl Marx" Leipzig unter der Leitung von Dipl.-Ing. *R. Ryll* für die Durchführung experimenteller Untersuchungen.

Stellgliedes — erreicht werden, so muß die Nichtlinearität der Strecke „Wärmeübertrager" durch einen gezielt erzeugten nichtlinearen Zusammenhang zwischen Volumen- bzw. Massestrom und Stellgliedhub kompensiert werden. Erst dann ergeben sich konstante Übertragungsfaktoren für die Reihenschaltung: Stellglied — Wärmeübertrager — übrige Bauglieder. Selbstverständlich ist diese Kompensation nur über nichtlineare Betriebskennlinien des Stellgliedes $\dot{V} = f(y)$ möglich.

Druckregelstrecken stellen unter den Regelstrecken noch einen relativ einfachen Fall dar, da mit dem Stellglied neben dem Volumenstrom auch der Druck direkt beeinflußt wird. Läßt man die genannten Zielstellungen für das statische Verhalten der Strecken auch hier gelten, so ist natürlich bei Druckregelstrecken ebenfalls die Forderung nach einer linearen Zuordnung zwischen Druck und Hubstellung des Stellgliedes zu erheben. Gegenüber Durchflußregelstrecken gibt es aber eine Reihe von Besonderheiten, die im folgenden für turbulente Strömung dargestellt und diskutiert werden sollen, da sie zu wenig bekannt sind und damit zu geringen Niederschlag bei der Projektierung automatisierter Anlagen finden.

Projektierungsvorschriften, wie z. B. [1] und [7], gehen häufig auf Überlegungen in [2] [3] und [8] bis [10] zurück. Die entsprechenden Untersuchungen wurden an verschiedenen Strukturen, teilweise bei Gas- und Flüssigkeitsförderung, häufig auch ohne Berücksichtigung von Vor- und Nachdrücken oder Störgrößen, durchgeführt. Auch stimmen die bekannt gewordenen Vorschriften und Ergebnisse von Überlegungen teilweise nicht überein [6].

1. Struktur von Druckregelstrecken

Druckregelstrecken bestehen ebenso wie Durchflußregelstrecken aus den meist in Reihe geschalteten Baugliedern Behälter, Pumpe, Rohrleitung, Speicher, Armaturen und technologische Apparate. Sie weisen praktisch eine besondere Vielfalt auf, da neben dem Einsatz verschiedener Arbeitsmaschinen einerseits unterschiedliche Stellmöglichkeiten genutzt werden können, andererseits die Stellorte in Relation zu den Orten, an denen geregelt werden soll (Meßorte), verschieden sein können, und daß die Störungen je nach Lage zum Meßort unterschiedliche Auswirkungen haben.

Für theoretische Überlegungen zum statischen Verhalten kann man jedoch ein allgemeines Anlagenschema (Struktur) angeben (Bild 1). Hier sind zwei prinzipiell verschiedene Meßorte: p_2 (Vordruckregelung, Überströmung) oder p_3 (Nachdruckregelung Reduzierung) angegeben und die wesentlichsten Möglichkeiten zum Stellen eingezeichnet. Dabei stellen die mit Y_A und Y_B bezeichneten Stellglieder reine Drosselstellglieder dar; Y_C bedeutet jedoch die mögliche Beeinflussung des Druckes über die Drehzahl, den Hub oder ggf. den Schaufelwinkel der Arbeitsmaschine. Als Störgrößen kommen i. allg. die geodätischen Höhen h_1, h_4, die Behälterdrücke p_1, p_4 am Ein- und Ausgang der Strecke, Veränderungen der Druckverluste in allen möglichen Anlageteilen und ggf. Entnahmen vor bzw. nach den Stellgliedern in Betracht. Im Bild 1 sind auch alle für die Berechnung der statischen Kennlinien wichtigen Größen eingetragen.

Der Durchfluß $\dot{V}$ stellt bei Druckregelstrecken keine zu regelnde Größe dar, ist aber dennoch für den Betrieb der automatisierten Anlage meistens von Interesse.

Die häufigsten bekannten Fälle praktischer Druckregelstrecken lassen sich auf dieses Anlagenschema zurückführen.

2. Verfahren zur theoretischen Ermittlung des statischen Verhaltens

Sowohl das statische Stell- als auch das Störverhalten lassen sich über die Bernoulli-Gleichung herleiten. Der Ansatz für einen speziellen, beliebig herausgegriffenen Fall — Regelung des Druckes p_2 durch ein nachgeschaltetes Stellglied Y_A (Überströmung) — ergibt sich durch Vergleich der Drücke (Energien) an den Querschnitten ① und ②:

$$p_1 + \varrho g h_1 + v_1^2/2 + p_F = p_2 + \varrho g h_2 + v_2^2/2 + \Sigma\, \Delta p_{\text{verl } 1/2} \tag{1}$$

$$p_2 = p_1 + \varrho g(h_1 - h_2) - \Sigma\, \Delta p_{\text{verl } 1/2} + p_F \cdot \tag{2}$$

p_1 — anlagebedingt; $\varrho g h_1$ — anlage- und medienbedingt; $\Sigma\, \Delta p_{\text{verl } 1/2}$ — $f(\dot{V})$ — anlage- und medienbedingt; $p_F \cdot$ — $f(\dot{V})$ — anlagebedingt

Gleichung (2) zeigt, daß der Druck p_2 sowohl von der Konstruktion der Anlage selbst als auch vom Medium, aber auch von den Eigenschaften der Arbeitsmaschine her bestimmt wird. Er ist grundsätzlich von der Größe des momentan fließenden Volumenstromes abhängig. In gewissem Sinn kann man Gl. (2) als die Gleichung der „Ersatzdrosselkennlinie" bezeichnen und grafisch z. B. für eine Anlage mit Kreiselpumpen wie auf Bild 2 darstellen. Die Ersatzdrosselkennlinie $p_2 = f(\dot{V})$ kann je nach Art der eingesetzten Arbeitsmaschine, der statischen Drücke und der Druckverluste verschieden verlaufen. Die Kennlinie $p_2 = f(\dot{V})$ ist gegenüber normalen Drosselkennlinien für die Stelle ② auch in ihrer absoluten Lage quantitativ richtig. Sie enthält bestimmte geläufige und zulässige Vereinfachungen.

Durch Vergleich der Drücke an den Querschnitten ② und ④ erhält man nach Umstellung:

$$p_2 = p_4 + \varrho g(h_4 - h_2) + \Sigma\, \Delta p_{\text{verl } 3/4} + \Delta p_V \cdot \tag{3}$$

p_4 — anlagebedingt; $\varrho g h_4$ — anlage- und medienbedingt; $\Sigma\, \Delta p_{\text{verl } 3/4}$ — $f(\dot{V})$ — anlage- und medienbedingt; $\Delta p_V \cdot$ — $f(\dot{V}, Y_A)$ — ausrüstungsbedingt

Gleichung (3) zeigt im Prinzip die gleichen Abhängigkeiten des Druckes p_2 von Einzelgrößen wie Gl. (2). Hinzu kommt jedoch,

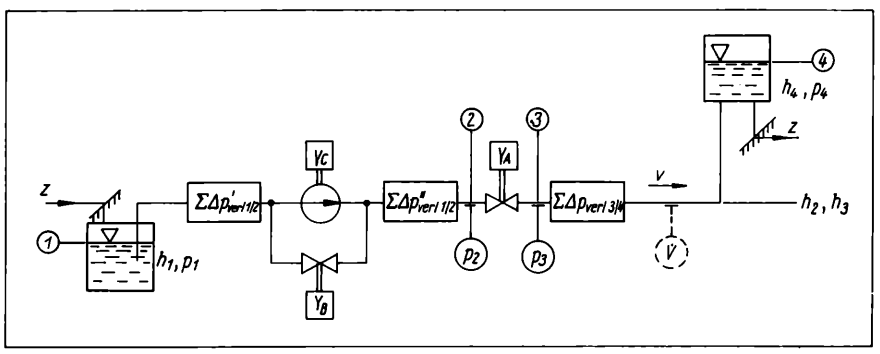


Bild 1
Anlagenschema (Struktur der Regelstrecke)

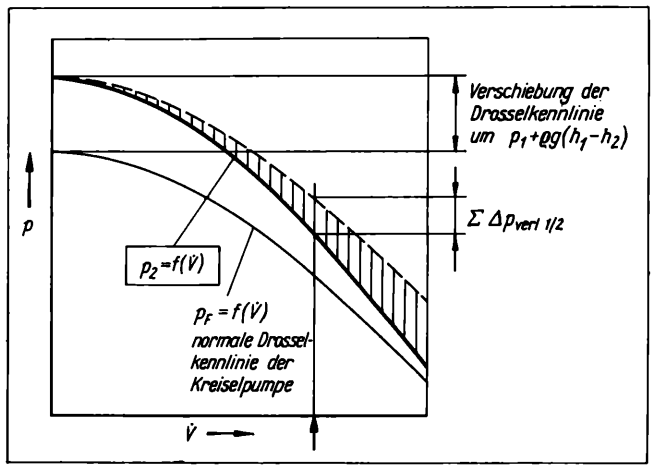


Bild 2. „Ersatzdrosselkennlinie" $p_2=f(\dot V)$ für eine Druckregelstrecke mit $[p_1+\varrho g(h_1-h_2)]$ positiv, $\Sigma\,\Delta p_{verl\,1/2}\neq 0$ bei Einsatz einer Kreiselpumpe, qualitativ

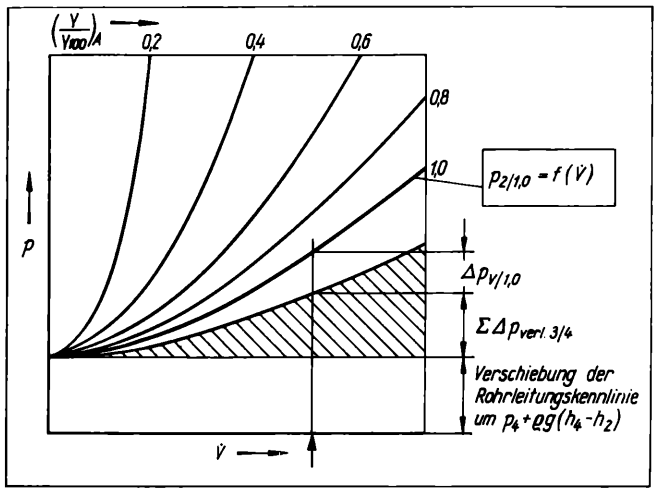


Bild 3. „Ersatzrohrleitungskennlinien" $p_2=f(\dot V, Y_A)$ für eine Druckregelstrecke mit $[p_4+\varrho g(h_4-h_2)]$ positiv, $\Sigma\,\Delta p_{verl\,3/4}\neq 0$ mit eingebautem Stellglied, qualitativ

daß der Druck p_2 von der Stellgröße Y_A und damit dem Verhalten des Stellgliedes grundsätzlich mit bestimmt wird. Nur an dieser Stelle kann der Projektant der Automatisierungsanlage durch geschickte Wahl des Stellgliedes das statische Verhalten direkt beeinflussen. Einflußnahme über alle anderen Größen ist nur in Abstimmung mit dem Projektanten der technologischen Ausrüstung in engeren Grenzen möglich. Bild 3 zeigt den prinzipiellen Verlauf der Kennlinien $p_2=f(\dot V, Y_A)$. Sie können auch als „Ersatzrohrleitungskennlinien" angesehen werden.

Die Bestimmung des Verlaufs der statischen Stellkennlinien $p_2=f(Y_A)$ ist nach Aufstellen der Gln. (2) und (3) sowohl analytisch als auch grafisch möglich. Bild 4 zeigt die grafische Verfahrensweise für einen beliebig herausgegriffenen Fall. Gleichzeitig sind auch die fließenden Volumenströme in Abhängigkeit vom Hub des Stellgliedes mit dargestellt. Die voll ausgezogenen Linien gelten für das System, bei dem alle Daten mit den gewünschten übereinstimmen, also für die Regelstrecke ohne Störung.

Bild 4 zeigt eine statische Stellkennlinie, die nicht wie gewohnt durch den Koordinatenursprung verläuft. Trotz voller Öffnung des Stellglieds Y_A geht der Druck p_2 auch nicht auf den Wert Null zurück. Vielmehr wird der niedrigste Wert von p_2 durch den „Gegendruck" p_4, die geodätischen Höhenverhältnisse und den Druckverlust des Stellgliedes Δp_V und des nachgeschalteten Anlageteils $\Sigma\,\Delta p_{verl\,3/4}$ bestimmt. Die Möglichkeit des Stelleingriffs kann also von vornherein durch die Gegebenheiten der Anlage eingeschränkt sein. Der Bereich der Änderung von p_2 wird allerdings um so größer, je steiler die „Ersatzdrosselkennlinie" und je flacher und niedriger die „Rohrleitungskennlinie" ohne Stellglied verläuft. Auch wäre grundsätzlich ein großer k_V-Wert des Stellgliedes erstrebenswert. Ähnliche Überlegungen zum statischen Stellverhalten finden sich in [2] [3] [6] und [8] bis [10]. Die Frage der Linearität der statischen Kennlinie steht hier noch nicht zur Diskussion.

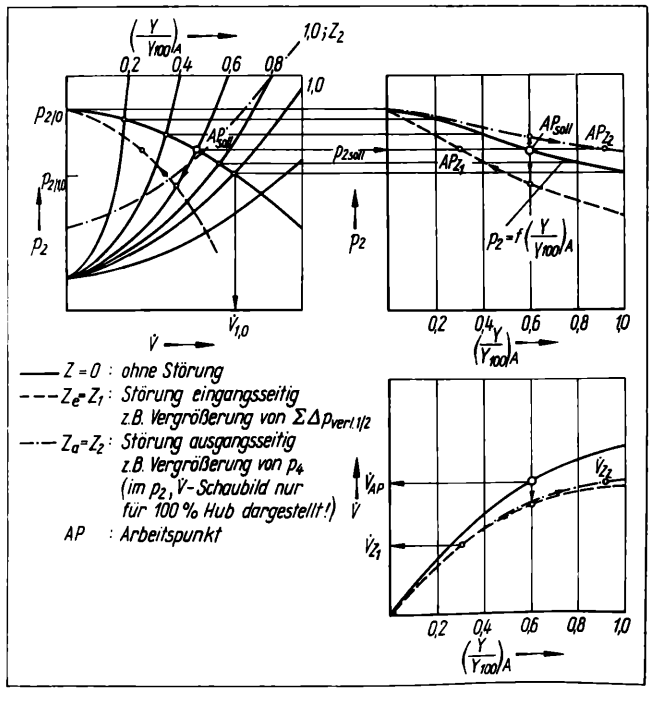
3. Zusammenhang zwischen Druck und Volumenstrom

Bild 4 zeigt auch den Volumenstrom durch die Anlage in Abhängigkeit von der Stellung des Stellgliedes. Obwohl der Volumenstrom nicht die Regelgröße selbst darstellt, ist er doch als „Durchsatz" durch die Anlage von technologischem Interesse. Bei Vorgabe des Druckes p_2 (Sollwert) wird automatisch auch ein bestimmter Volumenstrom realisiert. Es ist also nicht möglich, gleichzeitig einen bestimmten Druck und einen bestimmten Volumenstrom erreichen zu wollen, wenn bereits wesentliche Anlagedaten und Ausrüstungsteile nicht entsprechend festgelegt worden sind. Das ist vielmehr nur im Anfangsstadium des Entwurfs durch geeignete Wahl der Daten möglich. Später liegt die p, $\dot V$-Zuordnung fest und kann nicht mehr willkürlich gestaltet werden. Im allgemeinen stört die beim Stellen des Druckes verursachte Nichtlinearität der Betriebskennlinie $\dot V=f(Y_A)$ wenig.

4. Vergleichende Betrachtung und Beurteilung verschiedener Möglichkeiten

Die folgenden Betrachtungen beziehen sich auf Anlagen mit Flüssigkeitsförderung als den komplizierteren Fall. Die Ergebnisse der Überlegungen sind auch für Gasförderung übertragbar.

Bild 4. Ableitung des statischen Verhaltens einer Druckregelstrecke aus dem p, $\dot V$-Schaubild (Überströmung) einschließlich Auswirkung von Störungen



Kreiselpumpe, p_2, Y_A (Überströmung)

Dieser Fall wurde im Abschn. 2. betrachtet. Charakteristisch ist:

- p_2 sinkt beim Öffnen des Stellgliedes, gleichzeitig steigt der Volumenstrom.
- Der Stelleingriff ist nur befriedigend, wenn
  - der Druckverlustanteil $\Sigma\, \Delta p_{\text{verl } 1/2}$ relativ groß ist
  - die Arbeitsmaschine eine steile Drosselkennlinie hat
  - die konstanten Gegendrücke hinter dem Stellglied niedrig sind (p_4 klein, $(h_4 - h_2)$ klein)
  - der Druckverlustanteil $\Sigma\, \Delta p_{\text{verl } 3/4}$ relativ klein ist.
- Die Stellbarkeit kann durch Vorschalten einer Armatur ($\Sigma\, \Delta p_{\text{verl } 1/2}$ vergrößern) verbessert werden.

Wichtig ist weiterhin die Frage, ob das Überstreichen eines großen Bereiches für p_2 überhaupt gefordert wird!

Kolbenpumpe, p_2, Y_A (Überströmung)

Entgegen üblichen Vorstellungen ist ein solcher Stelleingriff grundsätzlich möglich und hat wegen der nahezu ordinatenparallelen Ersatzdrosselkennlinien folgende Eigenschaften:

- p_2 sinkt beim Öffnen des Stellgliedes, steigt aber beim Schließen stark an. Eine technisch sinnvolle Lösung ergibt sich nur mit Stellgliedern mit linearer Kennliniengrundform.
- Es ist eine Sicherung gegen Überschreitung bestimmter Grenzwerte von p_2 vorzusehen.
- Ein wesentlicher Vorzug einer solchen Anordnung ist die nahezu völlige Unabhängigkeit des Volumenstromes von der Hubstellung des Stellgliedes und damit vom Druck p_2.

Kreiselpumpe, p_3, Y_A (Reduzierung)

Die Lösungsansätze für p_3 lauten:

$$p_3 = p_F - \Sigma\, \Delta p_{\text{verl } 1/2} + \varrho g(h_1 - h_3) + p_1 - \Delta p_V\,, \qquad (4)$$

$$p_3 = \varrho g(h_4 - h_3) + p_4 + \Sigma\, \Delta p_{\text{verl } 3/4}\,. \qquad (5)$$

Damit kommt man grafisch zu einer Lösung nach Bild 5. Als wesentlicher Unterschied zum Fall p_2 liegt hier eine Gleichsinnigkeit in der Tendenz der Funktionen $p_3 = f(Y_A)$ und $\dot{V} = f(Y_A)$ vor:

- Sowohl der Druck p_3 als auch der Volumenstrom wachsen mit steigendem Hub des Stellgliedes. Im allgemeinen geht $p_3 = f(Y_A)$ nicht durch den Koordinatenursprung.
- Die erreichbaren Drücke p_3 werden primär durch die Rohrleitungskennlinie des nachgeschalteten Anlageteils bestimmt. Der Stelleingriff ist befriedigend, wenn der Druckverlustanteil $\Sigma\, \Delta p_{\text{verl } 3/4}$ relativ groß ist.
- Die Steilheit der Drosselkennlinie der Arbeitsmaschine und die vorgeschalteten Widerstände beeinflussen die Stellbarkeit in geringerem Maße.
- Die Stellbarkeit kann durch zusätzlichen Einbau einer Armatur im nachgeschalteten Anlageteil verbessert werden ($\Sigma\, \Delta p_{\text{verl } 3/4}$ vergrößern).

Kolbenpumpe, p_3, Y_A (Reduzierung)

Die Struktur ist nicht funktionsfähig, da durch das Bewegen des Stellgliedes der Volumenstrom nicht verändert wird. Damit ist auch keine Einflußnahme auf p_3 über das Stellglied möglich. Von den entsprechend Bild 1 weiteren möglichen Varianten soll aus prinzipiellen Gründen noch das Stellen über Y_C am Beispiel des Drehzahlstellens einer Kolbenpumpe mit p_2 als Regelgröße betrachtet werden (Bild 6).

Kolbenpumpe, p_2, Y_C

- $p_2 = f(Y_C)$ ist im allgemeinen nichtlinear und ebenso wie $\dot{V} = f(Y_C)$ mit steigender Hubstellung wachsend.
- Der Volumenstrom ist proportional zu Y_C.
- Die Stellbarkeit ist befriedigend, wenn $\Sigma\, \Delta p_{\text{verl } 2/4}$ genügend groß ist.
- Eine nachträgliche Anpassung (p_2-Vergrößerung) ist möglich durch Einbau einer zusätzlichen Armatur im nachgeschalteten Anlageteil, wobei $\dot{V} = f(Y_C)$ nicht durch deren Stellung beeinflußt wird.

Prinzipiell kann die zuletzt genannte Struktur mit abgewandelten Eigenschaften auch für Anlagen mit Kreiselpumpen eingesetzt werden.

Bild 5
Statisches Verhalten einer Druckregelstrecke (Reduzierung)

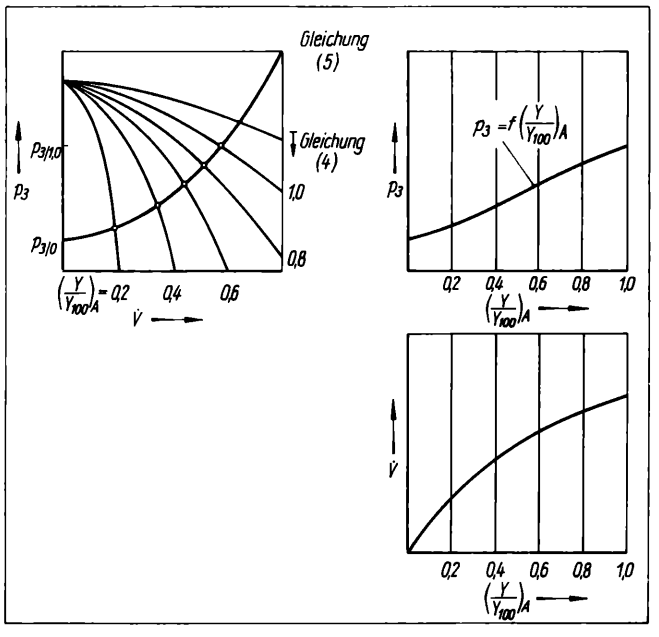
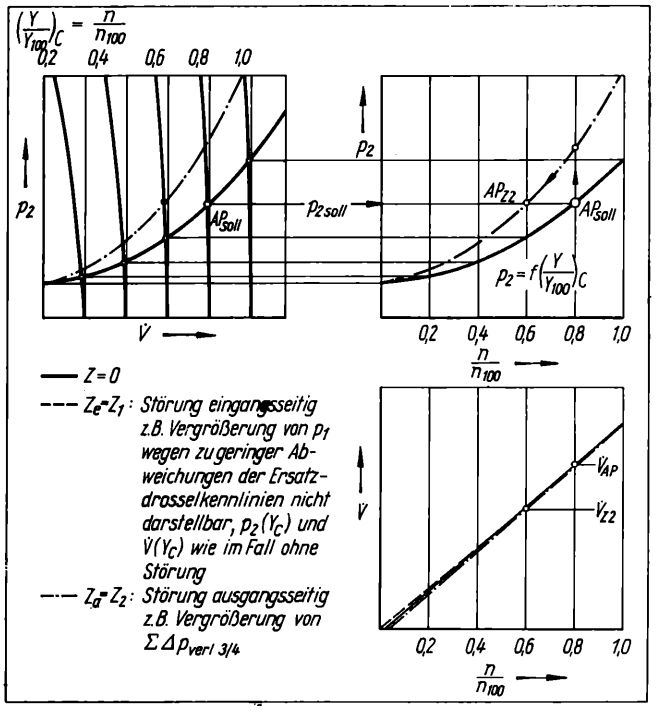


Bild 6
Statisches Verhalten einer Druckregelstrecke (Drehzahlstellen)



STÖRUNG Z / STRUKTUR			eingangsseitig	ausgangsseitig
X	Y	Anordnung	p_1, h_1, $\Sigma\Delta p_{verl\ 1/2}$ (zusätzliche Entnahme)	p_4, h_4, $\Sigma\Delta p_{verl\ 3/4}$ (zusätzliche Entnahme)
p_2	A	Kreiselpumpe	$\dot{V}$ weicht stark ab	$\dot{V}$ wird stabilisiert
p_2	A	Kolbenpumpe	$\dot{V}$ etwa konstant $p_2(Y_A)$ ändert sich nicht	$\dot{V}$ etwa konstant
p_3	A	Kreiselpumpe	$\dot{V}$ wird stabilisiert	$\dot{V}$ weicht stark ab
p_2 p_3	C	Kreiselpumpe	$\dot{V}$ etwa konstant	$\dot{V}$ weicht stark ab
p_2 p_3	C	Kolbenpumpe	$\dot{V}$ etwa konstant	$\dot{V}$ weicht ab

Bild 7
Auswirkungen von Störungen auf den Volumenstrom nach dem Ausregeln in Druckregelstrecken bei verschiedenen Strukturen

Auf weitere mögliche Strukturen, wie z. B. mit Umlaufstellverfahren mittels Y_B, soll hier nicht eingegangen werden.
Zusammenfassend kann gesagt werden:
Ist ein Rohrleitungs- und Behältersystem vorgegeben, so lassen sich aus den Daten der Anlage insbesondere der Relation der Druckverluste vernünftige Strukturen wählen, die eine ausreichende Stellbarkeit gewährleisten.
Entscheidend für die Stellbarkeit in Anlagen mit Stellglied im Druckstrom ist das Verhältnis der Druckverluste π in allen Anlageteilen vor bzw. nach dem Drosselstellglied

$$\pi = \frac{\Sigma\, \Delta p_{\text{verl } 1/2} + (\Delta p_V)}{\Sigma\, \Delta p_{\text{verl } 3/4} + (\Delta p_V)} \,. \tag{6}$$

Bei $\pi > 1$ haben Strukturen mit Überströmung Vorteile, bei $\pi \approx 1$ sind Überströmung und Reduzierung etwa gleich gut in der Stellbarkeit. Energetisch günstige Lösungen ergeben sich, wenn keine Zusatzwiderstände eingebaut werden müssen. Zusatzwiderstände sind erforderlich, wenn neben der Anlagenstruktur auch die Automatisierungsstruktur ungünstig festgelegt worden ist, oder bestimmte Durchsätze erreicht werden sollen.

5. Zum Verhalten verschiedener Strukturen bei Störgrößeneinflüssen

Auf den Bildern 4, 5 und 6 wurden auch die Auswirkungen von Störungen dargestellt. So zeigt Bild 4 den Einfluß einer Störgröße Z_1, die vor dem Meß- und Stellort — eingangsseitig — wirkt, am Beispiel der Vergrößerung der Druckverluste $\Sigma\, \Delta p_{\text{verl } 1/2}$. Dadurch wird die statische Stellkennlinie steiler, die Durchflußkennlinie flacher. Stellt man sich einen Regelvorgang mit unendlich schneller Wirkung der Störgröße und dem Sollwert p_2 vor, so läuft der Vorgang der Regelung wie folgt ab:

- Sinken des Druckes p_2 unter $p_{2\,\text{soll}}$ bei gleicher Stellung des Stellgliedes — Ausbildung der Regelabweichung
- Nachstellen des Stellgliedes zur Senkung der Regelabweichung mit dem Ziel, diese zu Null zu machen
- Erreichen des Sollwertes bei einer geringeren Hubstellung.

Die Übertragungsfaktoren unterscheiden sich im dargestellten Fall bei den verschiedenen Betriebszuständen der Regelung nur wenig. Der Sollwert wird wieder erreicht. Vom Druck her sind keine Probleme zu erwarten, solange derartige Störgrößen bestimmte Werte nicht überschreiten.
Bezogen auf den Volumenstrom führt das Verändern der Hubstellung allerdings im Endeffekt auf eine Verkleinerung des Durchsatzes auf $\dot{V}_{Z1}$. Ist das für die Funktion der Anlage unwichtig, so treten keine Nachteile ein. Andererseits ist die Struktur zur Lösung der Aufgabenstellung der Regelung ungeeignet. Alle eingangsseitigen Störungen führen zu derartigen ggf. nachteiligen Veränderungen des Volumenstromes.
Liegt jedoch die Störung ausgangsseitig, z. B. Z_2 als Erhöhung des Druckes p_4, so wird die Wirkung der Störung bezüglich des Volumenstromes vollständig oder teilweise aufgehoben. Nach kurzzeitigem Absinken des Volumenstromes steigt dieser wieder an. Für technologische Fälle, in denen also ein möglichst gleichbleibender Durchsatz verlangt wird, die Störung ausgangsseitig wirkt, stellt die Bild 4 entsprechende Struktur das Optimum dar.
Damit entscheidet auch die Art und Lage der Störungen — unter Beachtung technologischer Forderungen — über die zu

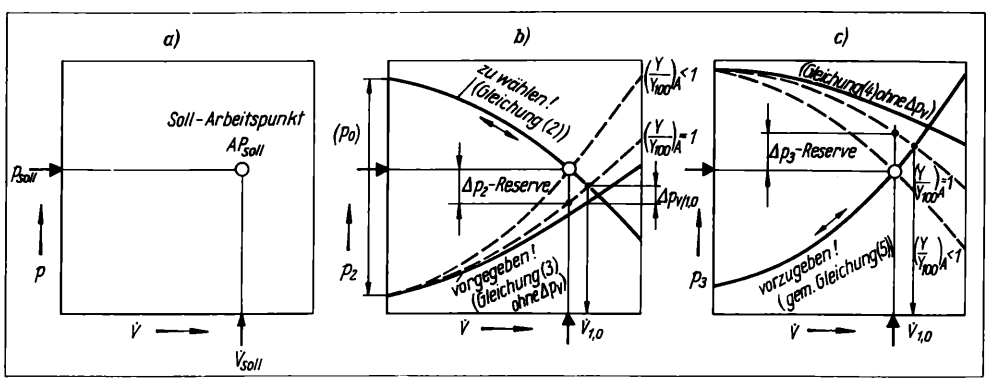


Bild 8
Zusammenhang von Druck und Volumenstrom bei der Realisierung von technologischen Forderungen hinsichtlich Druck und Volumenstrom bei verschiedenen Strukturen

a) Technologische Vorgabe
b) Kreiselpumpe, p_2, Y_A
c) Kreiselpumpe, p_3, Y_A

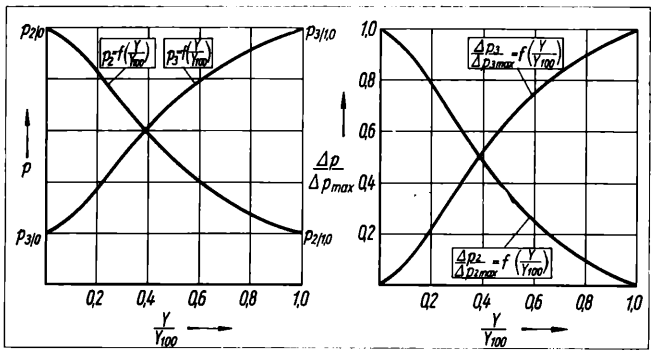


Bild 9. Statische Stellkennlinien von Druckregelstrecken bei zwei verschiedenen Strukturen aber gleichen ψ-Werten in nichtnormierter und normierter Darstellung

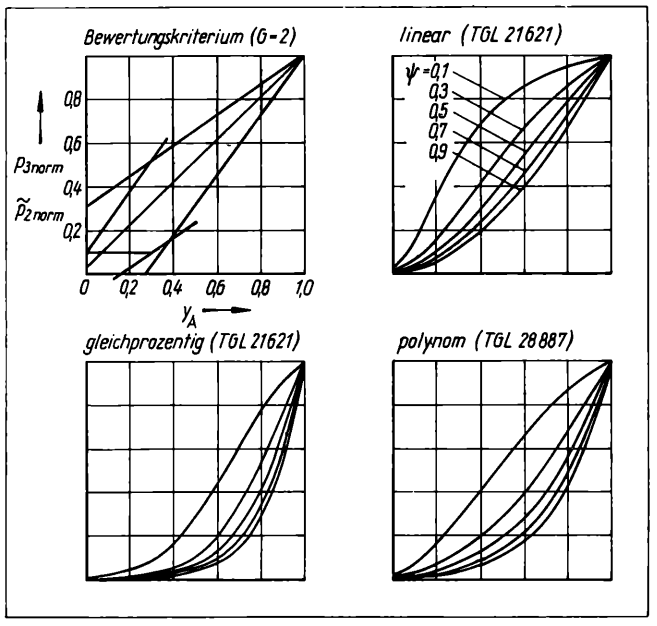


Bild 10. Vergleichende Betrachtung normierter statischer Stellkennlinien bei verschiedenen Kennliniengrundformen von Stellgliedern

wählende Struktur. Andere Strukturen zeigen ein anderes Verhalten. Im Bild 7 sind die Wirkungen zusammengestellt. Nach einer derartigen Übersicht kann sich der Projektant richten, wenn er eine technologische Aufgabe $\dot{V} \approx$ konst. zusätzlich realisieren will. Er kann dann aber auch zu Strukturen gelangen, die vom Standpunkt der Stellbarkeit in Verbindung mit dem Druckverlustverhältnis π nicht optimal sind. Das System muß dann ggf. durch den schon erwähnten Einbau von Zusatzwiderständen automatisierungsfähig, d. h. genügend stellbar gestaltet werden.

6. Realisierung der technologischen Forderungen

Über die Realisierung einiger technologischer Forderungen wurde in den vorangegangenen Abschnitten bereits gesprochen. Nun sollen noch über die gleichzeitige Realisierung eines bestimmten Durchsatzes und eines bestimmten Druckes einige Überlegungen angestellt werden. Unter der Voraussetzung, daß durch das Projekt der gewünschte Druck und der gewünschte Volumenstrom sowie einige technologische Daten bekannt sind, die Struktur aber noch nicht festliegt, ergeben sich Verhältnisse entsprechend Bild 8a.

Beschränkt man sich auf die Strukturen mit Kreiselpumpen und Stellglied im Druckstrom (Y_A), so ergibt sich zunächst für p_2 (Überströmung) folgendes Bild (Bild 8b):

- Der Arbeitspunkt muß auf der Ersatzdrosselkennlinie liegen.
- Liegt die Pumpendrosselkennlinie jedoch bereits fest (sie muß oberhalb des Sollarbeitspunktes verlaufen), so muß gegebenenfalls durch einen Zusatzwiderstand vor dem Meßort p_2 die Kennlinie durch den Arbeitspunkt gedreht werden. Alle Arbeitspunkte liegen dann auf dieser Ersatzdrosselkennlinie.
- Ist die Ersatzrohrleitungskennlinie festgelegt, so sind auch die maximal ausregelbaren Störungen ebenso bekannt wie die maximal und minimal erreichbaren Werte von p_2.
- Unter Beachtung der maximalen Störungen muß nun das Stellglied so gewählt werden, daß der Arbeitspunkt bei 100% Hub rechts vom Sollarbeitspunkt liegt. Trotzdem wird damit die Störreserve weiter eingeschränkt.
- Der Arbeitspunkt wird durch teilweises Schließen des Stellgliedes erreicht.
- Durch die Wahl des Arbeitspunktes bei vollem Hub des Stellgliedes ist über die dann festliegenden Größen $\Delta p_{V\,1,0}$ und $\dot{V}_{1,0}$ auch die Größe des Stellgliedes in der üblichen Weise durch den $k_{V\,1,0}$-Wert bestimmt (Wahl: $k_{Vs} \approx k_{V\,1,0}$).

Die mögliche Wahl der Steilheit der Drosselkennlinie der Arbeitsmaschine und des k_{Vs}-Wertes läßt hinsichtlich des bekannten ψ-Wertes noch einige Freiheit. Damit kann dann wohl noch die Form der statischen Kennlinie beeinflußt, nicht aber die Sicherstellung der technologischen Daten erreicht werden.
Das Verfahren für den Fall der Druckreduzierung zeigt Bild 8c. Es bedarf hier, da dem diskutierten Fall prinzipiell ähnlich, keiner weiteren Erläuterung.

7. Ausrüstung von Druckregelstrecken mit Stellgliedern

Da nach vergleichenden analytischen Betrachtungen der geläufige relative Druckabfall (ψ-Wert)

$$\psi = \frac{\Delta p_{V\,1,0}}{p_0} \tag{7}$$

auch für die Beurteilung der Form der statischen Kennlinien der Druckregelstrecken mit Drosselstellgliedern im Druckstrom volle Gültigkeit hat, kann diese Größe für die Wahl der Kennlinienform ohne Einführung zusätzlicher Kenngrößen eingesetzt werden.
Für vergleichende Betrachtungen der Kurvenformen braucht nur der jeweilige Zuwachs an Druck relativ zur maximalen Änderung des Druckes (Normierung) herangezogen zu werden. Bild 9 zeigt am Beispiel zweier Fälle für jeweils $\psi = 0{,}2$ nichtnormierte (tatsächliche) Kurvenverläufe der statischen Stellkennlinien bei beiden möglichen Strukturen im Vergleich zu den entsprechenden Normierungen. Hierbei sind nur die Werte des jeweiligen Zuwachses für p_2 bzw. p_3

$$\Delta p_2 = p_2 - p_{2/1,0}\,, \tag{8}$$

$$\Delta p_3 = p_3 - p_{3/0} \tag{9}$$

und die maximalen Änderungen des Druckes

$$\Delta p_{2\,\max} = p_{2/0} - p_{2/1,0}\,, \tag{10}$$

$$\Delta p_{3\,\max} = p_{3/1,0} - p_{3/0} \tag{11}$$

zur normierten Darstellung verwendet worden. Diese normierten Kurvenverläufe sind signifikant für alle Verläufe mit $\psi = 0{,}2$, unabhängig von den Daten der Anlage, vom Förderstoff, von den geodätischen Höhen und den Drücken am Anfang und Ende des Fördersystems.

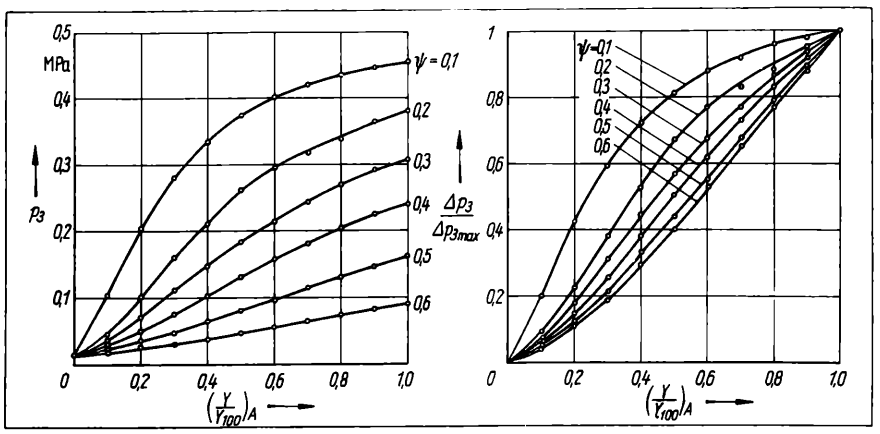


Bild 11
Meßtechnisch aufgenommene statische Stellkennlinien einer Druckregelstrecke (Umlaufsystem) bei verschiedenen Werten des relativen Druckabfalls ψ
Daten: Umlaufsystem mit $p_1 = p_4 = 0{,}1$ MPa absolut; $\varrho g(h_4 - h_1) = 1{,}1$ m; Stellventil: NW 50, $k_{VS} = 12{,}5$, linear; Pumpe: Kreiselpumpe KRD 1 H 40/210, $\Sigma\, \Delta p_{verl}$ einstellbar (zur Realisierung der ψ-Werte)

Die normierten Kurven $p_{norm} = f(y)$, also $\frac{\Delta p}{\Delta p_{max}} = f\left(\frac{Y}{Y_{100}}\right)_A$ beider Strukturen sind miteinander für gleiche ψ-Werte gemäß

$$p_{3\,norm}(y) = 1 - p_{2\,norm}(y) = \tilde{p}_{2\,norm}(y) \qquad (12)$$

verwandt. Damit hat auch die Struktur keinen Einfluß mehr auf den Verlauf der so normierten statischen Stellkennlinien. Es bleibt einzig und allein die Variation der Kennlinienart und der ψ-Werte.

Das Ergebnis einer systematischen Variation zeigt Bild 10. Dort ist auch ein relativ strenges Bewertungskriterium für die statischen Kennlinien mit einem Gütegrad $G = 2$ entsprechend [5] dargestellt worden. Verwendet man dies, so kommt man — bei gleicher Verfahrensweise wie bei Durchflußregelstrecken — zur Schlußfolgerung, daß grundsätzlich folgende Kennliniengrundformen (der als Standardausführung produzierten Durchflußkennlinien) für folgende ψ-Werte verwendet werden können:

linear:	$\psi = 0{,}3 \ldots 0{,}7$
polynom:	$\psi = 0{,}1 \ldots 0{,}2$
gleichprozentig:	keine Verwendung

Bei Einsatz von Stellgliedern mit gleichprozentiger Kennliniengrundform weisen alle statischen Kennlinien starke Nichtlinearitäten auf. Dies führt zu starken Änderungen des Übertragungsfaktors im betrachteten Bereich.

Diese theoretisch gewonnenen Aussagen stehen in voller Übereinstimmnng mit den Ergebnissen umfangreicher experimenteller Untersuchungen. Bild 11 zeigt an einem Beispiel Meßergebnisse, die an einer praktisch realisierten Druckregelstrecke gewonnen wurden. Die normierten Stellkennlinien entsprechen fast vollständig denen im Bild 10.

Die getroffene Aussage über die Verwendung bestimmter Kennliniengrundformen (Konfektion der Durchflußkennlinien) in Verbindung mit bestimmten ψ-Werten hat volle Gültigkeit für Folgeregelungen, bei denen sich der Arbeitspunkt auf einer einzigen Stellkennlinie auf und ab bewegt, wobei Störungen ohne Interesse sind [8]. Der Übertragungsfaktor bleibt dann annähernd konstant. Auch bei solchen Festwertregelungen, bei denen der Sollwert noch nicht festliegt, ergeben sich Vorteile wegen des näherungsweise konstanten Übertragungsfaktors im gesamten Stellbereich.

Bei Wirkung von Störgrößen, deren Größe nicht durch den fließenden Volumenstrom bestimmt wird (p_1, p_4, h_1, h_4), ändert sich der ψ-Wert nicht. Die Arbeitspunkte liegen dann generell auf einer einzigen normierten Stellkennlinie. Dann tritt auch bei Festwertregelungen nur eine relativ geringe Änderung der Übertragungsfaktoren ein, wenn nur lineare oder polynome Kennliniengrundformen bei den genannten ψ-Werten eingesetzt werden.

Eine Verwendung von Stellgliedern mit gleichprozentiger Kennliniengrundform kann aber bei Festwertregelungen von Vorteil sein, wenn Störungen, die über den Volumenstrom veränderliche Druckverluste verursachen ($\Sigma \Delta p_{verl\,1/2}$, $\Sigma \Delta p_{verl\,3/4}$ $\Delta p_{verl\,P}$, Entnahmen), wirken. Der Vorteil liegt dann darin, daß die Arbeitspunkte wegen des veränderlichen ψ-Wertes auf verschiedenen statischen Stellkennlinien liegen. Bei gleichprozentigen Kennliniengrundformen verlaufen die statischen Stellkennlinien zwar generell nichtlinear, aber in einem bestimmten Bereich nahezu parallel. Dadurch können die Übertragungsfaktoren auch dann nahezu konstant für den Zustand vor und nach dem Regelungsvorgang sein. Diese Aussage bleibt auf ψ-Werte von 0,1 bis 0,9 und Druckänderungen von 20 bis 80% der maximalen Änderung beschränkt. Für den eben genannten Fall ist auch die bisherige Verfahrensweise bei der Auswahl von Stellgliedern für Durchflußregelstrecken durchaus überdenkenswert.

Zusammenfassung

Läßt man für Druckregelstrecken gleiche Maßstäbe wie für Durchflußregelstrecken gelten, so können zusammengefaßt unter Beachtung automatisierungsgerechter Anlagengestaltung für Anlagen mit Stellgliedern im Druckstrom folgende Empfehlungen gegeben werden. Sie gelten unter der Voraussetzung, daß die Anlagedaten bereits so gewählt worden sind, daß die Erfüllung technologischer Forderungen und Zielstellungen hinsichtlich Druck und Volumenstrom garantiert ist:

1. Nach der Relation der Druckverluste entscheidet man sich mit Hilfe des π-Wertes für eine bestimmte Struktur, die sich dann unter den gegebenen Voraussetzungen durch die günstigste Stellbarkeit auszeichnet.
2. Größe und relative Lage der Störungen, die zu erwarten sind, erfordern ebenfalls eine bestimmte Struktur.
3. Führen beide Überlegungen zum gleichen Ergebnis, so ist die entsprechende Struktur zu wählen. Bei widersprechenden Aussagen müssen die Folgen gegeneinander abgewogen werden. Gegebenenfalls muß die Stellbarkeit durch Einbau von Zusatzwiderständen und eine vom Förderdruck her leistungsfähigere Arbeitsmaschine verbessert werden. Es ergibt sich aber energetisch kein Optimum mehr.
4. Das Stellglied ist von der Größe her so zu bemessen, daß die maximale Störamplitude ausgeglichen werden kann. Von der Kennlinienform sollen vorwiegend lineare und polynome Formen mit einem engen Bereich des relativen Druckabfalls ψ eingesetzt werden. Gleichprozentige Kennliniengrundformen ergeben nur bei Festwertregelungen und bestimmten Störungsarten Vorteile.

Im Beitrag wurden nur einige Strukturen genauer untersucht. Es ist denkbar, daß andere, unerwähnte Strukturen für bestimmte Anwendungsfälle auch vorteilhafte Stell- und Störverhalten aufweisen können.

Literatur

[1] Katalog Automation Projektierungsvorschriften: 12–04–02, Berechnung von Stelleinrichtungen. VEB GRW Teltow 1979.

[2] *Samal, E.:* Druckregelung, Wahl der zweckmäßigsten Kennlinienform des Stellventils. rtp **13** (1971) H. 1, S. 17–23; H. 2, S. 60–66.

[3] *Töpfer, H.; Zach, H. J.:* Das Betriebsverhalten von Drosselorganen bei Mengen- und Druckregelung im Zusammenhang mit dem Kennlinienfeld einer Arbeitsmaschine. msr **4** (1961) H. 4, S. 159–165; H. 5, S. 202–204.

[4] *Frenz, B.:* Entwicklung, Bau und Erprobung einer Druckregelung. Diplomarbeit, TH Leipzig 1976.

[5] *Bettenhäuser, W.; Schilk, D.; Thomas, K.:* Zur Auswahl von Stellventilen für Strömungen bei beliebigen Reynoldszahlen. msr **20** (1977) H. 7, S. 380 bis 384; H. 8, S. 432–437; H. 10, S. 575–577.

[6] *Götz, D.:* Untersuchungen zum Einsatz von Stellventilen bei Suspensionen und in Druckregelstrecken. Diplomarbeit, TH Leipzig 1980.

[7] Autorenkollektiv: Lehrbuch der Automatisierungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1970, 1978.

[8] *Weller, W.:* Einsatz von Drosselstellgliedern in Steuerungs- und Regelungssystemen der Verfahrenstechnik. msr **7** (1964) H. 7, S. 257–263; H. 10, S. 344–348.

[9] *Eifert, G.:* Das Ventil in Regelkreisen für Druck und Durchfluß. rtp (1959) H. 2, S. 34–36.

[10] *Schröder, A.; Hengst, K.:* Der Einfluß der Ventilcharakteristik auf Regelung und Steuerung. RTZ 2 (1954) H. 8, S. 181–186.

msr 7256

Dr.-Ing. *K. Thomas*, Leipzig[1])

Kennlinien für Stellventile der Darstellung $k_p(y)$

IA 4.6.2.2.

0. Einleitung

Eine bewährte und anerkannte Kennziffer zur Bestimmung von Größe und Kennlinie von Stellgliedern ist der k_V-Wert. Mit seiner Einführung war es erstmals möglich, standardisierte Baureihen für Drosselstellglieder aufzubauen und Berechnungsverfahren anzuwenden, die ein genaues Umrechnen der Prozeßdaten auf definierte Durchflußbedingungen (Förderstrom: Wasser bei $\Delta p_V \approx 0{,}1$ MPa über dem Stellglied mit $\varrho = 10^3$ kg/m³) ermöglichten [1]. Mit der Schaffung dieser Grundlagen zum Umrechnen von Betriebsbedingungen $\Delta p_V = f(\dot{V})$ auf Durchflußbedingungen $\dot{V} = f(y)$ waren diese Arbeiten im wesentlichen abgeschlossen.

Praktische Überlegungen zur Linearisierung des statischen Übertragungsverhaltens führten später zur Einführung der „optimalen Kennlinie" [2], so daß heute die lineare, die gleichprozentige und die Polynomkennlinie für Stellglieder zur Auswahl in Frage kommen.

Zur Korrektur von k_V beim Fördern zäher Flüssigkeiten wurden erst in jüngerer Zeit, aufbauend auf den Erkenntnissen von [3] und [4] für das Stellventilbauprogramm nach TGL 21 621 umfangreiche Untersuchungen durchgeführt und ein neues Auswahlverfahren für Stellventile bei kleinen Reynolds-Zahlen erarbeitet [5] und [6].

Damit waren aus der allgemeinen Darstellung zum Durchflußverhalten von Stellventilen in einem Strömungssystem

$$F(\dot{V}, \Delta p, y) = 0 \tag{1}$$

in der bisherigen Ingenieurpraxis nur jene funktionellen Zusammenhänge zur Anwendung gekommen, die die Abhängigkeit von $\dot{V}(y)$ bei konstantem Gesamtdruckverlust p_0 der Anlage berücksichtigen. Hierbei handelt es sich vor allem um solche Betriebsbedingungen, wo der Druckverlust über der Stelleinrichtung ausschließlich förderstromabhängig ist.

Neben der Darstellung $\dot{V}(y)$ aus Gl. (1) kann zur Beschreibung des statischen Übertragungsverhaltens in gleicher Weise $\Delta p = f(y)$ genutzt werden. Bei dieser Betrachtungsweise werden dann bevorzugt stellstromunabhängige Druckänderungen über dem Stellventil berücksichtigt. Diese Abhängigkeiten werden in dem vorliegenden Beitrag aus dem allgemeinen Durchflußverhalten $\Delta p(\dot{V})$ erarbeitet und als Druckkennlinie für definierte Strömungsbedingungen $k_p(y)$ sowie Betriebskennlinien $p(y)$ entwickelt. Diese neuen Kennlinien sollen die Charakteristiken für $k_V(y)$ nicht ersetzen, sondern eine sinnvolle Ergänzung für jene Anwendungen sein, wo Durchflußkennlinien falsch zum Einsatz kommen. Anlagenstruktur, regelungstechnische Aufgabenstellung und der Angriffsort der Hauptstörgröße werden bestimmend sein, ob Durchfluß- oder Druckkennlinien zur Auswah kommen. Für das Durchflußverhalten $\dot{V} = f(y)$ werden die förderstromabhängigen Druckverluste durch die nichtlinearen Rückwirkungen von Pumpen- und Rohrleitungskennlinie verursacht. Diese Rückwirkungen sind ohne Einfluß auf die genannten Druckkennlinien. Im Bild 1 ist die statische Abhängigkeit $x_a = f(x_e)$ nichtlinear. Diese kann bei Betriebsbedingungen mit vorzugsweise förderstromabhängigen Druckverlusten von Δp_V zur Darstellung $\dot{V} = f(y)$ führen, es kann aber auch die Darstellung $p = f(y)$ bedeutsam sein.

1. Durchflußkennlinien von Stellventilen der Darstellung $\dot{V} = f(y)$

Aus dem allgemeinen Durchflußverhalten $\Delta p_V = f(\dot{V})$ wurden Durchflußkennlinien (Betriebskennlinien) $\dot{V} = f(y)$ für die genannten Kennliniengrundformen (linear, gleichprozentig, Polynom) entwickelt [7].

Die Bestimmung der Größe des Stellgliedes (maximales Durchflußvermögen) erfolgt über die Berechnung des maximalen k_V-Wertes, während zur Auswahl der Kennlinie bestimmte Verfahren zur Anwendung kommen [6]. Hierbei handelt es sich im wesentlichen um:

- Kennlinienauswahl nach dem maximalen Stellbereich von $k_V(y)$
- Auswahl der Kennlinie nach dem relativen Druckabfall
- Auswahl von Stellgliedern mittels Δp-$\dot{V}$-Diagramm.

Allgemeine Voraussetzung für die Gültigkeit dieser Auswahlverfahren ist der quadratische Zusammenhang zwischen dem Druckabfall und dem Förderstrom in dem zu automatisierenden Anlagenteil. Diese Abhängigkeit beschreibt das Durchflußverhalten von Anlagenteilen bei voll turbulenter Strömung. Andere Betriebsbedingungen liegen außerhalb des Gültigkeitsbereiches von k_V.

[1]) Mitteilung aus der TH Leipzig, Sektion Automatisierungsanlagen.

Zur analytischen Beschreibung des Übertragungsverhaltens von Strecke/Stellglied unter Durchfluß- und Betriebsbedingungen mußte als *notwendige Voraussetzung* der Gesamtdruckverlust p_0 in dem zu automatisierenden Anlagenteil als konstant angenommen werden (Bild 2).

Für die Anlagenkennlinie ohne Stellglied nach Gl. (1) ist die quadratische Abhängigkeit

$$\Delta p_{\mathrm{L\,ges.}} = K_1 \dot{V}^2 \tag{2}$$

mit $K_1 = \dfrac{p_0 - \Delta p_{\mathrm{V}\,1,0}}{\dot{V}_{1,0}^2}$

ebenso erfüllt wie für die stellhubabhängigen Rohrleitungskennlinien mit

$$\Delta p_{\mathrm{V}\,0,1-1,0} = K_{\mathrm{y}\,0,1-1,0} \cdot \dot{V}^2 . \tag{3}$$

Der volumenstromunabhängige Gesamtdruckverlust läßt sich aus den Gln. (2) und (3) zu

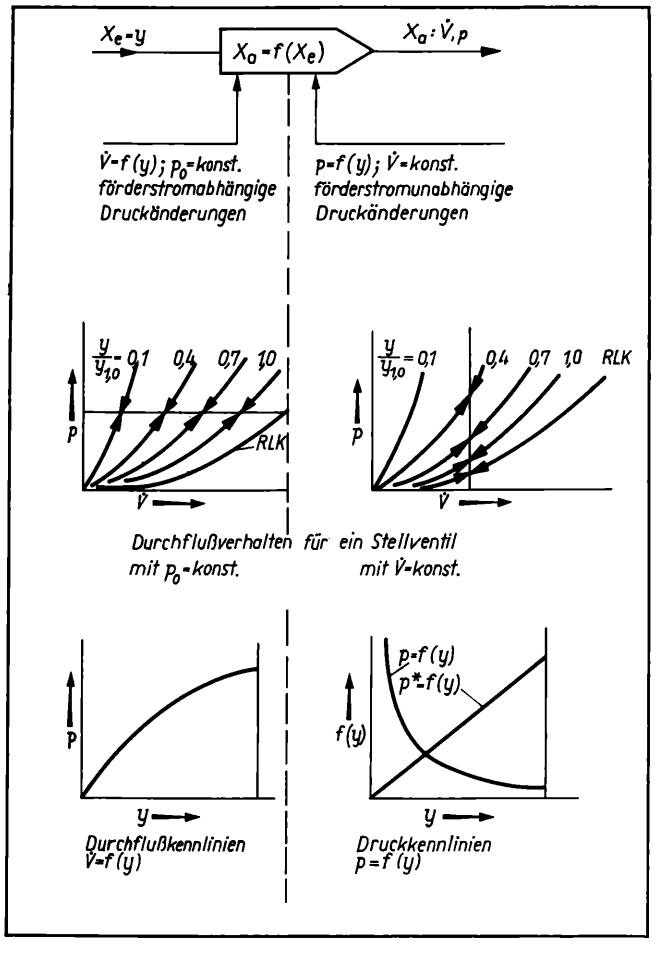
$$p_0 = K_1 \cdot \dot{V}^2 + K_{\mathrm{y}\,0,1-1,0} \cdot \dot{V}^2 = \text{konst.} \tag{4}$$

bestimmen.

Er liegt immer da vor, wo Medien in Anlagen von einem konstanten Ausgangsniveau auf ein konstantes Endniveau befördert werden. Diese Annahme schließt auch jene Fälle ein, für die eine Drosselkennlinie mit quadratischer Abhängigkeit zutrifft (z. B. Kreiselpumpe), weil der Druckverlust infolge Innenwiderstand der Pumpe Δp_{p} mit dem Leitungswiderstand Δp_{L} zu $\Delta p_{\mathrm{L\,ges}}$ addiert werden kann.

Diese Ausführungen beinhalten im wesentlichen den bislang bekannten und dokumentierten Stand zur Beschreibung des statischen Übertragungsverhaltens von Strecke/Stellglied. Für

Bild 1. Darstellung des förderstromabhängigen und förderstromunabhängigen Durchflußverhaltens



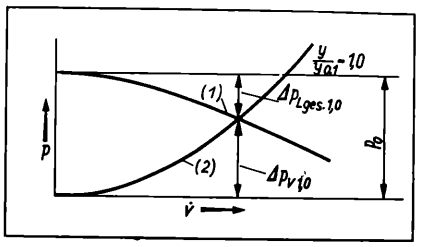


Bild 2
Durchflußverhalten einer Prozeßstrecke

Anwendungen, wo die o. g. Voraussetzungen nicht erfüllt sind, kann demzufolge das Betriebsverhalten über Durchflußkennlinien nicht richtig dargestellt werden. Da bisher aber nur Stellkennlinien $\dot{V}(y)$ benutzt worden sind, die nur stellstromabhängige Druckverluste $\Delta p_{\mathrm{V}}(\dot{V})$ berücksichtigen, stellt sich die Frage, ob vor allem die *notwendige Voraussetzung* für die Mehrzahl aller Anwendungen erfüllt ist.

Zu der *allgemeinen Voraussetzung* sind in [3] ausführliche Untersuchungen durchgeführt worden. Für Druckkennlinien sollen die gleichen Voraussetzungen wie für k_{V}-Kennlinien gelten, d. h., daß voll turbulente Strömungsverhältnisse vorliegen.

Als *notwendige Voraussetzung* war p_0 = konst. erklärt worden. Nach Bild 2 kann der Gesamtdruckverlust p_0 nur dann konstant sein, wenn während des Stellvorganges der Vor- und Gegendruck (p_{e}, p_{a}) in der Strecke sowie der Widerstand dieser sich nicht ändern. Man darf behaupten, daß bei der Mehrzahl aller Anwendungen diese Voraussetzung nicht erfüllt ist.

Es ist gerade Aufgabe des Stellvorganges, Vor- und Gegendrucksowie Widerstandsänderungen in den zu automatisierenden Anlagenteilen zu kompensieren. Diese Änderungen sind Störgrößen für den regelungstechnischen Prozeß. Ihren Einfluß auf die Regelgröße zu kompensieren, ist Aufgabe des Stellgliedes. Gerade diese Einflußgrößen machen den Stellvorgang notwendig. Damit kann das Durchflußverhalten, wie im Bild 2 dargestellt, für eine große Zahl von Anwendungen nicht gültig sein. Für eben diese Einsatzfälle sind die in [7] dargestellten Betriebskennlinien nicht repräsentativ und die bislang uneingeschränkt zur Anwendung gebrachten Auswahlverfahren nicht einsetzbar. Beispiele, wo förderstromunabhängige Druckänderungen für das statische Übertragungsverhalten von Strecke/Stellglied bestimmend sind, lassen sich hinreichend finden.

Betrachten wir als Aufgabenstellung eine Durchflußregelung: Diese Aufgabe ist nur dann erfüllt, wenn über den gesamten Stellbereich ($y_{\max} - y_{\min}$) der Durchfluß konstant bleibt. Zu fragen ist, wie für solche Betriebsbedingungen das statische Übertragungsverhalten mit Hilfe einer Kennlinie $V = f(y)$ charakterisiert werden kann. Bestenfalls genügt nur ein Punkt dieser Kennlinie der regelungstechnischen Stellaufgabe. Weitere Beispiele werden in [7] aus der Dampfkrafttechnik genannt. Bei den hier dargestellten Betriebsbedingungen ist der Gesamtdruckverlust nicht konstant.

Diese Ausführungen lassen erkennen, daß die Betriebskennlinien $\dot{V}(y)$ und die k_{V}-Kennlinien die gesamte Breite der Anwendungen nicht allein repräsentieren können. Analog gilt dies für die Auswahlverfahren von Stellgliedern.

Bei der Bestimmung des statischen Übertragungsverhaltens sind neben den stellstromabhängigen auch stellstromunabhängige Druckgrößen zu berücksichtigen. In der Praxis blieb dieser Umstand bisher weitestgehend unberücksichtigt.

2. Druckkennlinien von Stellventilen der Darstellung $k_{\mathrm{p}} = f(y)$

Analog zu den Durchflußkennlinien mit dem Koeffizienten k_{V} soll für Druckkennlinien der Ventilkoeffizient k_{p} eingeführt werden. Es ist hierunter eine Druckdifferenz in MPa, die über

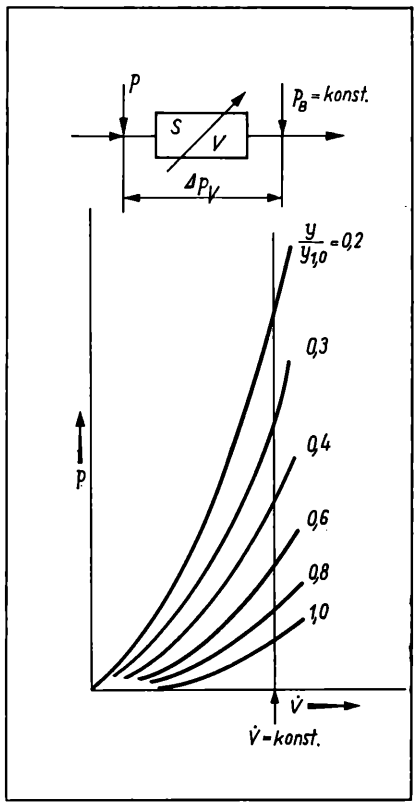


Bild 3
Durchflußverhalten für $k_p(y)$

dem Stellventil bei konstantem Förderstrom (Wasser mit ν ungefähr 10^{-6} m²/s) gemessen werden kann, zu verstehen. Bei konstantem Gegendruck und Förderstrom entspricht der k_p-Wert dem Druck vor dem Stellventil, wenn Wasser mit $\nu = 10^{-6}$ m²/s strömt.

Das Durchflußverhalten für k_p ist im Bild 3 dargestellt. Die Abhängigkeit des Koeffizienten k_p vom Stellhub y kann über die modifizierte Bernoulli-Gleichung

$$\dot{V} = \alpha \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p_V}{\varrho}} \tag{5}$$

gefunden werden. Bei konstantem Förderstrom läßt sich für 2 Hubstellungen Gl. (5) in der Form

$$\frac{\alpha \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p_V}{\varrho}}}{\alpha_{1,0} \cdot A_{1,0} \sqrt{\frac{2\Delta p_{V\,1,0}}{\varrho}}} = 1 \tag{6}$$

schreiben. In Gl. (6) sind der Drosselquerschnitt A, der Drosselstellenbeiwert α und der Druckabfall Δp_V veränderliche Größen.

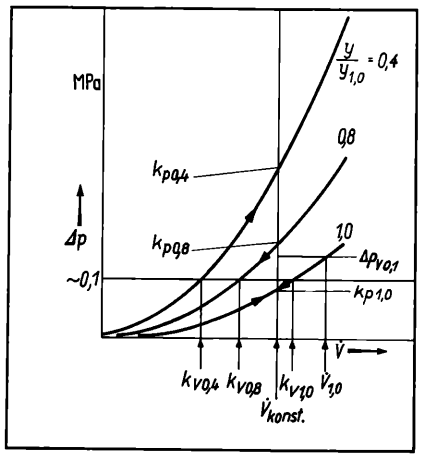


Bild 4
Durchflußverhalten für $k_p(y)$, $k_V(y)$

Δp, $\dot{V}$: gegebene Betriebsdaten; $\Delta p_{V\,1,0}$, $\dot{V}_{1,0}$, $k_{V\,1,0}$, k_{Vs}: k_V-Daten; $k_{p\,1,0}$, $\dot{V}$: k_p-Daten

Für stellstromunabhängige Änderungen des Druckverlustes kann aus Gl. (6) die Beziehung für den Koeffizienten k_p in normierter Form zu

$$\left(\frac{\alpha}{\alpha_{1,0}}\right)^2 \cdot \left(\frac{A}{A_{1,0}}\right)^2 = \frac{\Delta p_{V\,1,0}}{\Delta p_V} = \frac{k_{p\,1,0}}{k_p} \tag{7}$$

gefunden werden.

Mit Gl. (7) werden bei konstantem Volumenstrom die Durchflußbedingungen bei zwei Hubstellungen verglichen. Das bedeutet, daß beliebige Betriebsbedingungen von $\Delta p_V = f(\dot{V}, \varrho, \nu, Re)$ zunächst nicht direkt auf $k_p(y)$ umgerechnet werden können. Zudem ist der Drosselstellenbeiwert $\alpha = f(y, Re, Rm_{f/d}, ...)$ nicht hinreichend genau bestimmbar und der Drosselquerschnitt $A = f(y)$ seit der Einführung des k_V-Wertes wenig gebräuchlich. Es liegt nahe, die Vorteile, die mit der Einführung des Ventilkoeffizienten k_V für die Stellventilauslegung erzielt werden konnten, auch weiterhin zu nutzen. Da der k_V-Wert durch den Vergleich zweier Betriebszustände bei konstantem Stellhub gewonnen werden konnte, wurde die Umrechnung beliebiger Betriebsbedingungen auf k_V-Wert-Bedingungen möglich. Über die Abhängigkeit von $k_p = f(k_V)$ ist dies auch für Druckkennlinien gegeben. Mit Hilfe der Zahlenwertgleichung aus [3]:

$$\frac{1}{\alpha^2} = (5A)^2 \cdot \frac{1}{k_V^2} \tag{8}$$

und Gl. (7) kann der Zusammenhang von k_V und k_p zu

$$\frac{k_{p\,1,0}}{k_p} = \left(\frac{k_V}{k_{V\,1,0}}\right)^2 \tag{9}$$

ermittelt werden. Das zugehörige Durchflußverhalten ist im Bild 4 dargestellt.

Die nicht normierte Darstellung für $k_p(y)$ bei beliebigen Werten des Förderstromes ist über die Bestimmung von $k_{p\,1,0}$ möglich:

$$k_p(y) = k_{p\,1,0}(y) \left(\frac{k_{Vs}}{k_V}\right)^2. \tag{10}$$

Die zugehörigen Kennlinien sind Hyperbeln, d. h., das statische Übertragungsverhalten ist stark arbeitspunktabhängig.

Es kann davon ausgegangen werden, daß die o. g. Kennliniengrundformen, wie sie als k_V-Kennlinien zur Anwendung kommen, auch für $k_p(y)$ genutzt werden. Von Interesse könnten also (linear, gleichprozentig, Polynom)-Abhängigkeiten für $k_p(y)$ sein.

Ihre Realisierung erfolgt über eine entsprechende Gestaltung des Drosselkegels.

Für einen praktisch sinnvollen Stellbereich ($10\% \leqq y \leqq 90\%$) kann für die lineare Kennliniengrundform anstelle von Gl. (10) die Geradengleichung

$$k_p(y)_{lin.} = K_1 - K_2 \cdot y/y_{1,0} \tag{11}$$

geschrieben werden.

In Gl. (11) sind K_1, K_2 Konstanten. Die zugehörigen Kennlinien sind keine Ursprungsgeraden. Ihr Anstieg ist negativ mit der Größe K_2. Eine Extrapolation dieser Kennlinien über den praktisch sinnvollen Bereich hinaus führt $y/y_{1,0} = 0$ zum Schnitt mit der k_p-Achse bei K_1 und für $y/y_{1,0} = 1{,}0$ zu $k_{p1,0\,lin.}$. Diese Kennlinien sind im Bild 5 dargestellt. Die bisher vorgestellten Kennlinien für $k_p(y)$ und $k_p(y)_{lin}$ unterscheiden sich in der Darstellung zu den Durchflußkennlinien $k_V(y)$ bzw. $\dot{V}(y)$. Während Durchflußkennlinien im Ursprung beginnen und mit wachsendem Stellhub einen ansteigenden Förderstrom ausweisen, liegt bei den bisher genannten Druckkennlinien umgekehrtes Übertragungsverhalten vor. Mit steigendem Stellhub fällt hier der k_p-Wert ab. Eine Invertierung des Übertragungsverhaltens von $k_p(y)_{lin}$ würde zur Darstellung der Kennlinien führen, wie sie für das Durchflußverhalten ähnlich sind: Zur

Unterscheidung vorangegangener Darstellungen soll der invertierte Ventilkoeffizient mit k_p^* bezeichnet werden:

$$\frac{k_p^*}{k_{p\,1,0}^*} = \left(\frac{k_V}{k_{V\,1,0}}\right)^2 . \tag{12}$$

Die zugehörigen Druckkennlinien

$$\frac{k_p^*}{k_{p\,1,0}^*} = f(y/y_{1,0}) \tag{13}$$

sind für lineares Übertragungsverhalten im Bild 6 (II. Quadrant) dargestellt. Diese Kennlinien beginnen im Ursprung. Ihr k_p^*-Wert wächst mit Zunahme des Stellhubes. Normiert man die angegebenen Kennlinien, so ergeben diese nur eine Charakteristik.

Das Durchflußverhalten $\Delta p(\dot{V})$ wird im I. Quadranten von Bild 6 gezeigt. Entgegen sonst üblicher Darstellungen liegen hier Hyperbeln vor. Die zu $k_p^*(y)$ gehörenden Durchflußkennlinien $\dot{V}(y)$ sind im IV. Quadranten dargestellt.

Im Bild 6 ist jeweils ein Stellvorgang bei förderstromabhängigem und förderstromunabhängigem Druckverlust eingezeichnet worden.

Der Stellvorgang verläuft bei $k_p^* = \text{konst.}$ (Linie 1—2) auf der Durchflußkennlinie $\dot{V} = f(y)$ und quer durch das Kennlinienfeld von $k_p^* = f(y)$. Ist hingegen $\dot{V} = \text{konst.}$ (Linie 3—4), dann muß der Stellvorgang auf den Druckkennlinien $k_p^* = f(y)$ und senkrecht durch das Kennlinienfeld von $\dot{V}(y)$ verlaufen. Dieses Ergebnis bestätigt die eingangs getroffenen Festlegungen zu Durchfluß- und Druckkennlinien.

Als ein vorläufiges Ergebnis kann genannt werden: In Anlagen, wo der Störeingriff vorzugsweise eine stellstromunabhängige Änderung von Δp_V bewirkt, sind Druckkennlinien zu wählen, dort, wo die Stellstromabhängigkeit bestimmend ist, Durchflußkennlinien.

3. Betriebskennlinien der Darstellung $p = f(y)$

Betriebskennlinien liegen immer dann vor, wenn das statische Übertragungsverhalten von Stellventil und Anlage dargestellt wird. Hier wird eine Reihenschaltung der Widerstände von Stellglied und Automatisierungsobjekt vorausgesetzt. Die entsprechende Darstellung für das Durchflußverhalten bei konstantem Förderstrom zeigt Bild 7. Der Anlagenwiderstand Δp_L ist unabhängig vom Stellhub, d. h., er ist über den Stellbereich konstant. Nachfolgend soll die Gleichung der Betriebskennlinie entwickelt werden.

Für den veränderlichen Gesamtdruckverlust von $p_{0,1}$ bis $p_{1,0}$ gilt für einen beliebigen Stellhub:

$$p = \Delta p_L + \Delta p_V \tag{14}$$

und für den Stellhub 100%

$$p_{1,0} = \Delta p_L + \Delta p_{V\,1,0} . \tag{15}$$

Aus Gl. (13) und Gl. (14) kann ein relativer Druckabfall

$$\frac{p}{p_{1,0}} = \frac{\Delta p_L + \Delta p_V}{\Delta p_L + \Delta p_{V\,1,0}} \tag{16}$$

gebildet werden.

Die Umrechnung beliebiger Betriebsdaten auf die von $p(y)$ soll wiederum mit Hilfe von k_V vorgenommen werden.

Für $\dot{V} = \dot{V}_{1,0}$ folgt nach Umstellen von Gl. (9):

$$\Delta p_V = \Delta p_{V\,1,0}\left(\frac{k_{Vs}}{k_V}\right)^2 . \tag{17}$$

Setzt man Gl. (17) in Gl. (16) ein und bildet den Kehrwert, so kann

$$\frac{p_{1,0}}{p} = \frac{\Delta p_L + \Delta p_{V\,1,0}}{\Delta p_L + \Delta p_{V\,1,0}\left(\frac{k_{Vs}}{k_V}\right)^2} \tag{18}$$

geschrieben werden. Nach einigem Umformen folgt:

$$\frac{p_{1,0}}{p} = \frac{1}{\frac{p_{1,0}}{\Delta p_L + \Delta p_{V\,1,0}} - \frac{\Delta p_{V\,1,0}}{\Delta p_L + \Delta p_{V\,1,0}} + \frac{\Delta p_{V\,1,0}}{\Delta p_L + \Delta p_{V\,1,0}}\left(\frac{k_{Vs}}{k_V}\right)^2} . \tag{19}$$

In Gl. (19) kann für den relativen Druckabfall

$$\frac{\Delta p_{V\,1,0}}{\Delta p_L + \Delta p_{V\,1,0}} = \psi' \tag{20}$$

geschrieben werden. Damit vereinfacht sich Gl. (19) zu

$$\frac{p_{1,0}}{p} = \frac{1}{1 - \psi' + \psi'\left(\frac{k_{Vs}}{k_V}\right)^2} . \tag{21}$$

Andere Darstellungen sind

$$\frac{p}{p_{1,0}} = 1 + \psi'\left[\left(\frac{k_{Vs}}{k_V}\right)^2 - 1\right] \tag{22}$$

bzw.

$$\frac{p}{p_{1,0}} = 1 + \psi'\left[\frac{k_p}{k_{p\,1,0}} - 1\right] . \tag{23}$$

Der Wert ψ' ist auch hier (ähnlich wie bei den Betriebskennkennlinien $\dot{V} = f(y)$) ein Maß für die Deformation der $k_p(y)$-Kennlinien unter Betriebsbedingungen zu Kennlinien der Darstellung $p(y)$. Da der relative Druckabfall ψ' kein Kennlinienparameter ist, sondern nur für den Stellhub 100% gilt, können die Zahlenwerte von ψ' mit denen von ψ für Durchflußkennlinien übereinstimmen, jedoch die durch sie zu charakterisierenden Kennlinien grundsätzlich verschieden sein. Daher ist in jedem Fall zwischen ψ, ψ' und, wie weiter angeführt werden wird, einem ψ^* zu unterscheiden, obwohl in allen Fällen der gleiche relative Druckabfall vorliegt.

Für $0{,}1 \leqq \psi \leqq 1{,}0$ können für die k_p-Kennlinien nach Gl. (23) die zugehörigen Betriebskennlinien aufgezeichnet werden. Für

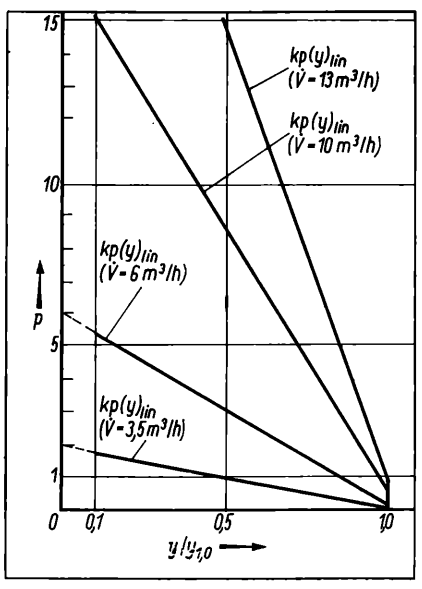


Bild 5
Druckkennlinien der Darstellung $k_p(y)$ lin

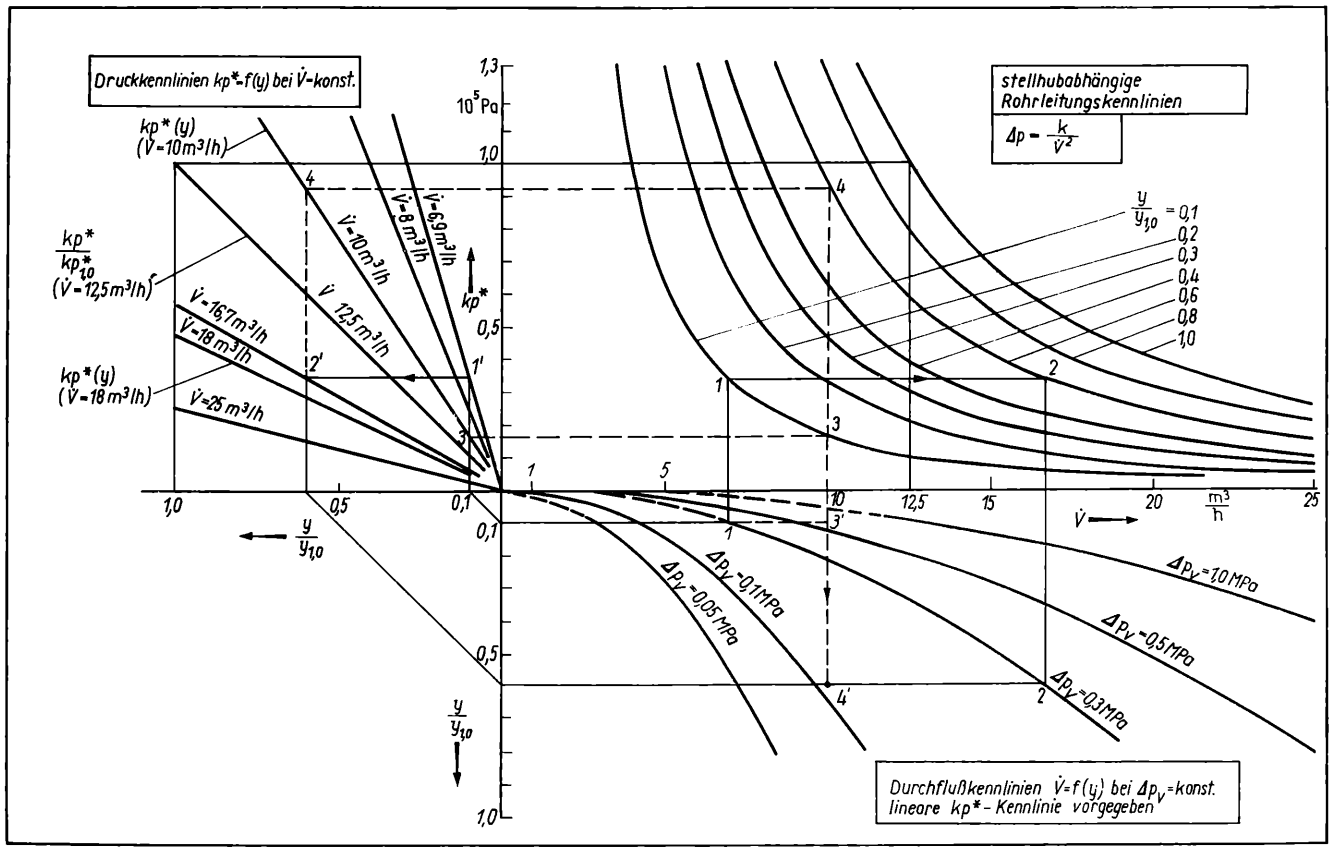


Bild 6. Kennlinienfelder zur Darstellung der Druckkennlinien $k_p^* = f(y)$

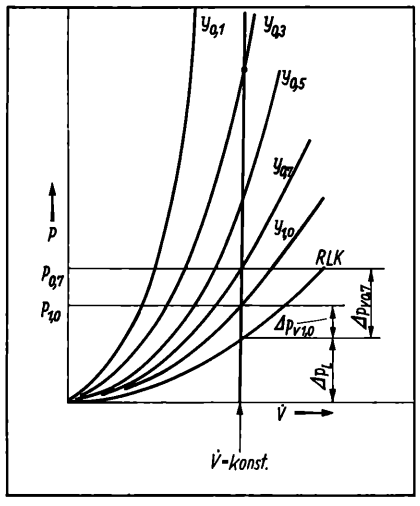


Bild 7
Durchflußverhalten von Stellglied-Anlage bei konstantem Förderstrom

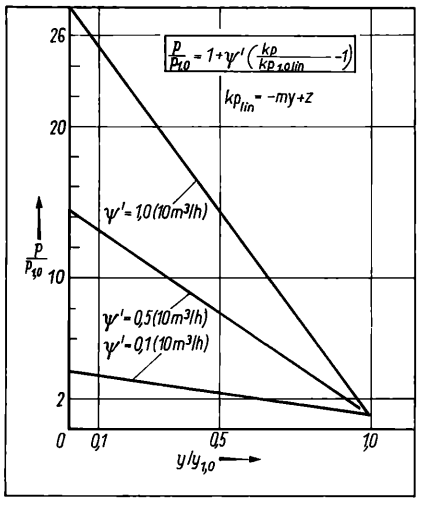


Bild 8
Betriebskennlinien $p = f(y)$ bei Vorgabe einer linearen k_p-Kennlinie (keine Ursprungsgerade)

die lineare Kennliniengrundform von $k_p(y)$ sind diese im Bild 8 dargestellt. Diese Kennlinien sind keine Ursprungsgeraden. Direktes Übertragungsverhalten ist über Inventierung einfach zu erreichen. Das besondere dieser Kennlinien, was sie von allen bisher bekannten Darstellungen unterscheidet, ist, daß sie für alle Werte des relativen Druckabfalles lineares Übertragungsverhalten haben. Das bedeutet, daß unabhängig von den vorliegenden Betriebsbedingungen das statische Übertragungsverhalten über dem Stellbereich konstant bleibt. Dies sind Betriebseigenschaften, die bezüglich des Kennlinienverlaufs als „ideal" zu bezeichnen sind.

Mit k_V-Kennlinien sind solche Übertragungseigenschaften Sonderfälle:

— bei Einsatz der linearen k_V-Kennlinie für $\psi = 1{,}0$

— bei Einsatz der gleichprozentigen k_V-Kennlinie für $\psi \approx 0{,}1$

— bei Einsatz der Polynomkennlinie für $\psi = 0{,}38$.

Alle anderen Charakteristiken für $0{,}1 \leqq \psi \leqq 1{,}0$ führen zu nichtlinearem Übertragungsverhalten. Mit Hilfe der Auswahlverfahren wird versucht, die o. g. Kennliniengrundformen an die jeweiligen Betriebsbedingungen so anzupassen, daß angenähert lineare statische Übertragungseigenschaften für Strecke/Stellglied erzielt werden.

Mit der Darstellung nach Bild 8 ist dies über die Konturgebung des Drosselkegels erreicht worden. Für die Auswahl der Stellventile genügt hier bei Einsatz der linearen Kennliniengrundform allein die Bestimmung der Größe des Ventils, d. h. Berechnung von k_{ps}, (k_{Vs}).

Im Bild 6 waren die Kennlinien für $k_p^*(y)$ dargestellt worden. Wird Gl. (13) der linearen Kennliniengrundform in Gl. (21) eingesetzt, so können für $0{,}1 \leqq \psi^* \leqq 1{,}0$ die zugehörigen Betriebskennlinien $p(y)$ (Bild 9) berechnet werden. Diese Kennlinien beginnen im Ursprung und haben mit kleiner werdenden Werten von ψ^* zunehmende nichtlineare Übertragungseigenschaften. Dieses Übertragungsverhalten ist vergleichbar mit dem von

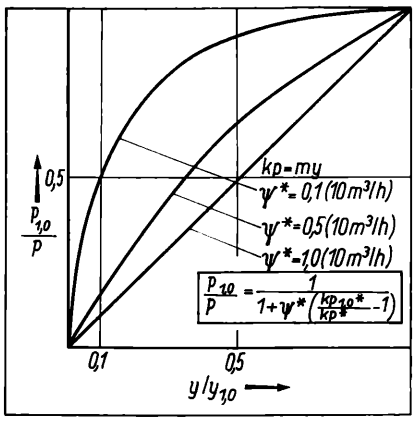


Bild 9
Betriebskennlinien $p = f(y)$ bei Vorgabe einer linearen k_p-Kennlinie (Ursprungsgerade)

Durchflußkennlinien $\dot{V}(y)$. Analog zu diesen würden die Auswahlverfahren für $\frac{p_{1,0}}{p}\left(\frac{y}{y_{1,0}}\right)$ anzuwenden sein, d. h., die lineare $k_p(y)$-Kennlinie wäre für $\psi^* \geqq 0{,}4$ einsetzbar. Verbindliche Aussagen hierzu machen jedoch vorerst noch weitere Untersuchungen erforderlich.

Die Kennlinie für $\psi^* = 1{,}0$ im Bild 9 muß identisch mit der normierten Charakteristik im Bild 6 sein, da hierfür Gl. (21) zu

$$\frac{p_{1,2}}{p} = \frac{k_p^*}{k_{p\,1,0}^*}$$

geschrieben werden kann.

Zusammenfassende Bemerkungen

Im Beitrag werden für Betriebsbedingungen, bei denen der Druckabfall Δp_V über dem Stellglied nur vom Vor- und Gegendruck sowie von den Widerstandsänderungen in der Anlage abhängt und der Förderstrom $\dot{V}$ konstant ist, erstmals Stellventil-Kennlinien der Darstellung $k_p(y)$ vorgestellt. In gleicher Weise werden Ausführungen zum Betriebsverhalten gemacht.

Die genannten Störgrößenänderungen werden über die Darstellungen von $k_V(y)$ bzw. $\dot{V}(y)$ nicht erfaßt.

Für $k_V(y)$ wie auch $k_p(y)$ trifft zu, daß durch sie allein alle vorkommenden Störgrößenkonstellationen nicht beherrscht werden können. Jede Charakteristik hat ihre spezifischen Einsatzgebiete. Damit sollen die $k_V(y)$-Darstellungen nicht durch $k_p(y)$ ersetzt, sondern sinnvoll ergänzt werden.

Mit der Einführung dieser neuen Kennlinie in den ingenieurtechnischen Projektierungsbetrieb wird ein Beitrag zur Weiterentwicklung bestehender Auswahlmethoden geleistet. Ihre Anwendungen sind da gegeben, wo Mängel in der k_V-Darstellung vorliegen.

Die Erzeugung spezieller k_p-Kennlinien über eine entsprechende Ventilkegelgestaltung ist möglich. Für die lineare Kennlinienform konnten dank der großzügigen Unterstützung durch den VEB Kombinat Armaturen, Betrieb Industriearmaturen- und Apparatebau Leipzig, auf der dort vorhandenen Meßstrecke Konturkegel für k_p-Kennlinien angefertigt werden. Die mit diesen Kegeln durchgeführten Messungen zum Druchfluß- und Betriebsverhalten bestätigen die analytisch bestimmten Kennliniendarstellungen.

Da der Zusammenhang zwischen k_p und k_V gegeben ist, kann die Fertigung und Prüfung der Ventile auf der Basis der k_V-Koeffizienten erfolgen. Die Abhängigkeiten für $k_V(y)$ sind dann aus den vorgegebenen Darstellungen von $k_p(y)$ zu bestimmen. In diesem Falle werden keine gesonderten Prüfstände für k_p-Kennlinien benötigt. Der fertigungstechnische Aufwand für die Herstellung der Kegel in den vorhandenen Nennweiten, k_{Vs}-Werten und Kennliniengrundformen des TGL-Bauprogrammes kann noch nicht eingeschätzt werden. Zunächst sind repräsentative Anwendungen für diese neue Kennlinienart zu finden. Entsprechende Hinweise der Praxispartner wären ein erstes wichtiges Ergebnis dieses Beitrages.

Als eine der möglichen Lösungen sollten für anspruchsvolle Stellaufgaben bei Inkaufnahme der Nachteile einer vergrößerten Variantenvielfalt zwei zusätzliche Standardkennlinien in das Bauprogramm aufgenommen werden. Für Routineaufgaben ist als Kompromißlösung eine Polynomkennlinie zu projektieren, die sowohl den Erfordernissen für $k_V(y)$ als auch denen für $k_p(y)$ gerecht wird.

Literatur

[1] *Früh, K. F.:* Berechnung des Durchflusses in Regelventilen mit Hilfe des „k_V-Koeffizienten". rt **5** (1957) H. 9, S. 307–310.

[2] *Müller, R.:* Optimale Durchflußkennlinie für Stellventile. msr **16** (1973) H. 5, S. 106–109.

[3] *Bettenhäuser, W.; Schülk, D.; Thomas, K.:* Zur Auswahl von Stellventilen für Strömungen bei beliebigen Reynolds-Zahlen. msr **20** (1977) H. 7, S. 380 bis 384.

[4] *Bettenhäuser, W.; Schülk, D.; Thomas, K.:* Zur Auswahl von Stellventilen für Strömungen bei beliebigen Reynolds-Zahlen. msr **20** (1977) H. 8, S. 432 bis 437.

[5] *Thomas, K.:* Ein neues Auswahlverfahren für Stellventile bei zähen Flüssigkeiten unter Beachtung automatisierungstechnischer Erfordernisse. Zeitschrift Techn. Information Armaturen (1977) H. 4, S. 125–129.

[6] *Thomas, K.; Schülk, D.:* Auswahlmöglichkeiten und ein neuer Algorithmus zur Bestimmung von Stellventilen für zähe Flüssigkeiten msr **21** (1978) H. 6, S. 332–336.

[7] *Müller, J.; Müller, R.:* Stelleinrichtungen für Stoffströme. Berlin: VEB Verlag Technik 1967.

[8] *Thomas, K.:* Druckkennlinien von Stellventilen. Wissenschaftlich-technischer Bericht WTB 58–79 der THL (unveröffentlicht).

msr 7255

Anzeigenaufträge

richten Sie bitte nur an die
DEWAG BERLIN
1026 Berlin, PSF 29,
oder an die
DEWAG-Betriebe in den Bezirksstädten der DDR.

Der Anzeigenschluß für diese Zeitschrift ist der 15. eines jeden Monats für das 3 Monate später erscheinende Heft

Spezialschaltuhren
für alle Zwecke

Sonderanfertigung nach Angaben und Diagramm
Schaltuhren mit Wischkontakt
Programmsteuer-Schaltwalzen bis 40 Stromkreise
Schaltwalzen für Neonwerbung
Impulsgeber, Zeitschalter
Schaltuhren-Reparaturen
Reparatur-Service
RZw und RZwa Zeitrelais

PGH-Uhren-Technik
Bereich II –
Elektrische Zeitschaltung
8053 Dresden
Tolkewitzer Str. 53
Ruf 3 09 40

Dipl.-Ing. *G. Hantsch* und Dipl.-Ing. *G. Krause*, Dresden[1])

ursapneu — Stellgerätereihe, Zubehör für Membranstellantriebe

IA 4.6.1.3.

0. Einleitung

In der Verfahrenstechnik werden sehr häufig Membranstellantriebe zur Betätigung der Regelventile verwendet. Die Funktionssicherheit auch bei harten Umgebungsbedingungen, die Einfachheit und Überschaubarkeit der Technik, die hohe Zuverlässigkeit und die Explosionssicherheit der Membranstellantriebe sind Eigenschaften, aufgrund derer man auch in Zukunft nicht auf diese Geräte verzichten wird. Eng mit der Bedeutung der Membranstellantriebe verknüpft sind Geräte, die unmittelbar am Membrananstellantrieb montiert werden und dessen technische Daten modifizieren. Dieses Gerätesortiment ist unter dem Begriff „ursapneu-Stellgerätereihe" zusammengefaßt und umfaßt folgende Geräte: Pneumatischer Stellungsregler, elektropneumatischer Stellungsregler, Lageschalter und Stellungsgeber.

Der Bedeutung der pneumatischen Stelltechnik Rechnung tragend, hat der VEB Reglerwerk Dresden ein neues Sortiment an Geräten entwickelt, das im folgenden vorgestellt wird.

1. Pneumatischer Stellungsregler

Der pneumatische Stellungsregler ist ein Gerät, das, unmittelbar am Membranantrieb montiert, als P-Regler die Stellung der Ventilspindel und damit die Stellung des Ventils regelt. Eingang und Ausgang sind pneumatische Signale.

Er ist zur Realisierung folgender Forderungen einzusetzen:

- — Erhöhung der Stellgenauigkeit speziell bei langsamen Regelstrecken
- — Erhöhung der Stellkraft des Membranantriebes durch Verwendung des Hilfsluftdruckes 250 kPa
- — Erhöhung der Stellgeschwindigkeit bei Fernübertragung des Stellsignals und großem Antriebsvolumen
- — Betreiben von federlosen Membranstellantrieben mit dem doppeltwirkenden Stellungsregler
- — Unterteilung des Eingangssignalbereiches in 20 bis 60 kPA bzw. 60 bis 100 kPa.
- — Korrektur der Stellcharakteristik durch Verwendung einer nichtlinearen Kurvenscheibe.

Die Bilder 1 und 2 zeigen Aufbau und Wirkungsweise des Stellungsreglers. Der Stellungsregler arbeitet nach dem Prinzip des Wegvergleiches.

Eine Eingangsdruckänderung (Δx_e) bewirkt durch den Metallbalg *1* eine Änderung des Abstandes zwischen Düse *4* und Prallplatte *5*. Diese Auslenkung hat eine Änderung des Kaskadendruckes und (über Druck-Leistungsverstärker *2*) des Ausgangsdruckes zur Folge. Die Ausgangsdruckänderung bewirkt über den Membranstellantrieb *7* eine Verstellung der Ventilspindel. Diese Verstellung wird abgetastet und über ein Getriebe *3* auf die Düse übertragen. Die Düse wird der Prallplatte nachgeführt, bis Sollwert (Eingangsdruck) und Istwert (Membranstellantriebhub) einander entsprechen.

Der Stellungsregler kann mit Membranstellantrieben mit Hüben 10 bis 100 mm betrieben werden. Die dynamische Anpassung an den Membranstellantrieb erfolgt durch die Veränderung der statischen Verstärkung Kp und die Drosselung der maximalen Luftleistung des Stellungsreglers.

Der Stellungsregler ist mit einem Umschalter *6* zur Überbrückung der Stellungsregelung und mit zwei Manometern zur Anzeige von Eingangs- und Ausgangsdruck ausgerüstet.

Bei der doppeltwirkenden Gerätevariante wird mit einem pneumatischen Invertierbaustein am Ausgang gearbeitet. Der

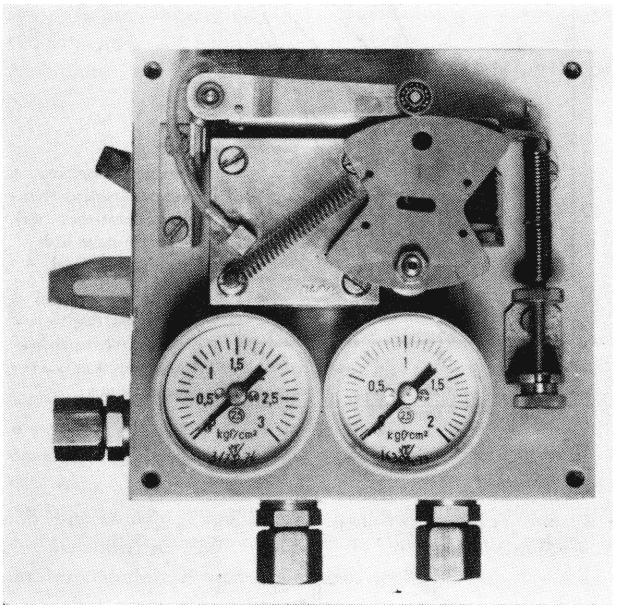
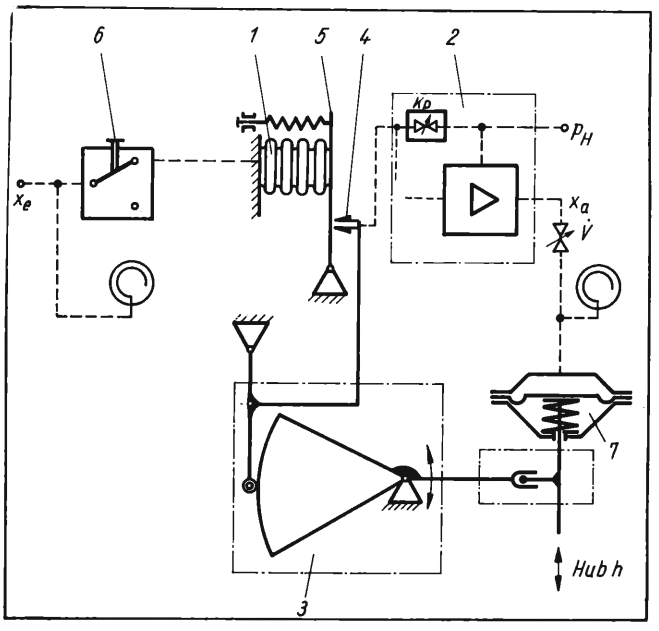


Bild 1. Pneumatischer Stellungsregler

Bild 2. Wirkungsschema des pneumatischen Stellungsreglers mit Membranstellantrieb
1 Metallbalg; *2* Verstärker; *3* Getriebe; *4* Düse; *5* Prallplatte; *6* Umschalter; *7* Membranstellantrieb (zusätzl.: zwischen *6* und *7* direkte Verbindung)



[1]) Mitteilung aus dem VEB Reglerwerk Dresden.

doppeltwirkende Stellungsregler hat ein dem Eingangssignal gleichsinniges und ein reversiertes Ausgangssignal.

Eingangsdruckbereich

Der Eingangsdruckbereich beträgt vorzugsweise 80 kPa in den Grenzen 20 bis 100 kPa (Einheitsdruckbereich). Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, den Eingangssignalbereich durch Austauschen der Kurvenscheibe in 20 bis 60 kPa bzw. 60 bis 100 kPa zu unterteilen. Angewendet werden die Geräte mit unterteiltem Meßbereich insbesondere für Temperaturregelungen zur gleichzeitigen Ansteuerung von je einem Stellglied zum Heizen und Kühlen durch einen Regler.

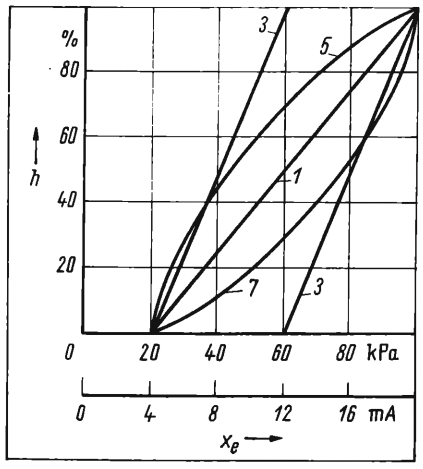


Bild 3
Hubcharakteristiken des direktwirkenden Membranstellantriebes mit pneumatischem bzw. *I/p*-Stellungsregler

h Hub der Spindel des Membranstellantriebes ($h = 0\%$ entspricht druckloser Endlage); x_e Eingangssignal

Hubcharakteristik

Der Zusammenhang zwischen dem Eingangsdruck und dem Hub des Membranstellantriebes ist linear oder nichtlinear.

Die Bilder 3 und 4 zeigen die möglichen Kennlinienverläufe. Der Austausch der Kurven ist ein einfacher Handgriff, der noch in der Anlage durchgeführt werden kann, wenn erkannt wird, daß aufgrund der Strömungsverhältnisse in Rohrleitung und Ventil eine andere Stellcharakteristik des Antriebs gewählt werden sollte.

Manometer und Umschalter

Stand der Technik ist es, im Sortiment der Stellungsregler auch Varianten mit Manometer und Schalter zur Überbrückung der Stellungsregelung anzubieten.

Bei der Auswahl der Gerätevariante mit Umschalter muß beachtet werden, daß sie nur dann sinnvoll ist, wenn mit Stelldrücken im Bereich des Einheitsdruckbereiches gearbeitet werden soll, da im Fall der Umschaltung als Stellsignal nur das Ausgangssignal des Reglers zur Verfügung steht.

Die Manometer zeigen Eingangs- und Ausgangsdruck des Stellungsreglers an. Sie geben einen Einblick in die Kräfte und Reibungsverhältnisse am Ventil. Die Differenz zwischen Eingangs- und Ausgangsdruck entspricht der am Ventil nötigen Stellkraft. Diese Gerätevariante sollte aber nur dann gewählt werden, wenn diese Kenntnis wirklich von Bedeutung ist.

2. Elektropneumatischer Stellungsregler

Der elektropneumatische Stellungsregler, kurz als *I/p*-Stellungsregler bezeichnet, hat das gleiche Einsatzgebiet und realisiert die gleichen technischen Forderungen wie der pneumatische Stellungsregler.

Seine Eingangsgröße ist ein elektrisches und seine Ausgangsgröße ein pneumatisches Signal.

Die Bilder 5 und 6 zeigen Aufbau und Wirkungsweise.

Der *I/p*-Stellungsregler arbeitet nach dem Prinzip des elektronischen Vergleiches. Das elektrische Eingangssignal (Führungsgröße) wird auf elektrischem Wege mit dem Membranstellantriebhub (Regelgröße), der in eine Spannung gewandelt wird, verglichen. Eine Eingangssignaländerung (Δx_e) bewirkt eine Regelabweichung, die, elektronisch verstärkt, eine Veränderung des Magnetfeldes der Festspule *2* mit sich bringt. Damit ändert sich der Abstand zwischen Düse und Prallplatte. Diese Auslenkung hat eine Änderung des Kaskadendruckes und (über den Verstärker *3*) des Ausgangsdruckes zur Folge. Die Ausgangsdruckänderung bewirkt über dem Membranstellantrieb *4* eine Verstellung der Ventilspindel.

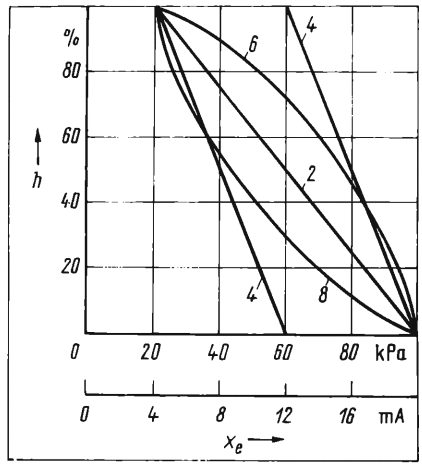


Bild 4
Hubcharakteristiken des indirektwirkenden Membranstellantriebes mit pneumatischem Stellungsregler bzw. *I/p*-Stellungsregler

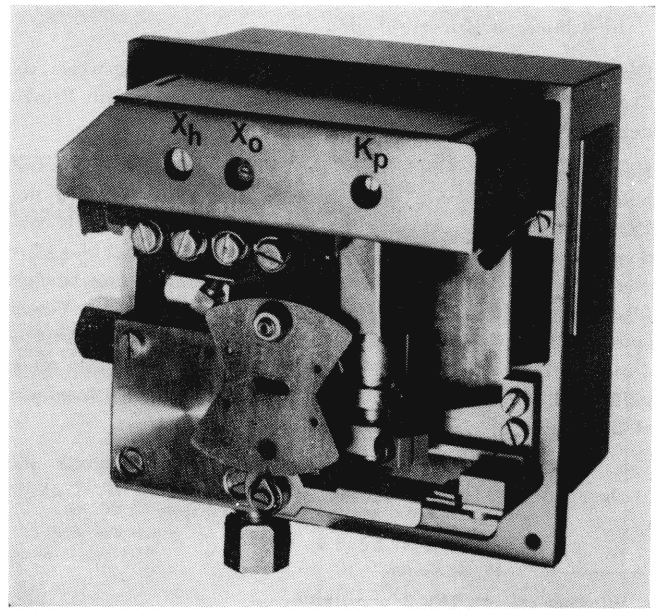
h Hub der Spindel des Membranstellantriebes ($h = 100\%$ entspricht druckloser Endlage); x_e Eingangssignal

Diese Verstellung wird mit Hilfe des Zubehörs *5* abgetastet und bewirkt über das Getriebe *6* eine Längsverschiebung des Ferritkernes der Geberspule *7* und dadurch eine Änderung der Rückführspannung U_R.

Der Regelvorgang ist abgeschlossen, wenn Soll-Istwert-Gleichheit vorliegt, d. h., wenn der Spindelhub des Membranstellantriebes *4* und das elektrische Eingangssignal einander entsprechen.

Eine Hubanpassung an den Membranstellantrieb kann im Bereich 10 bis 100 mm erfolgen.

Bild 5. *I/p*-Stellungsregler



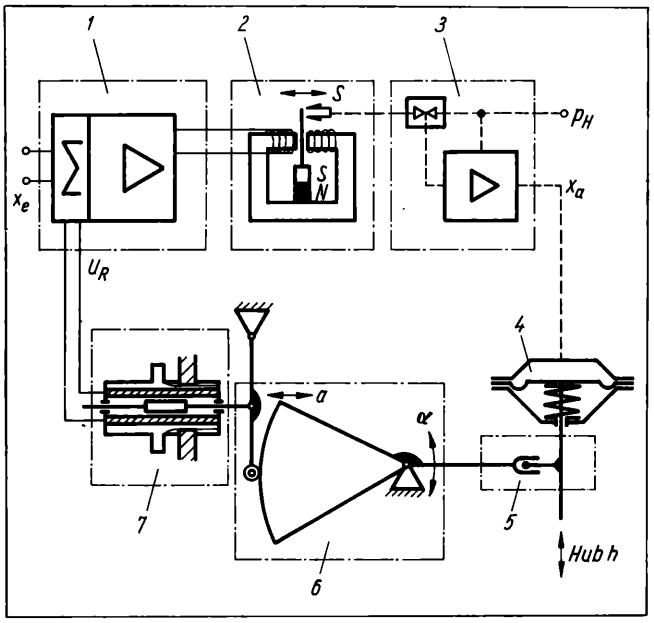
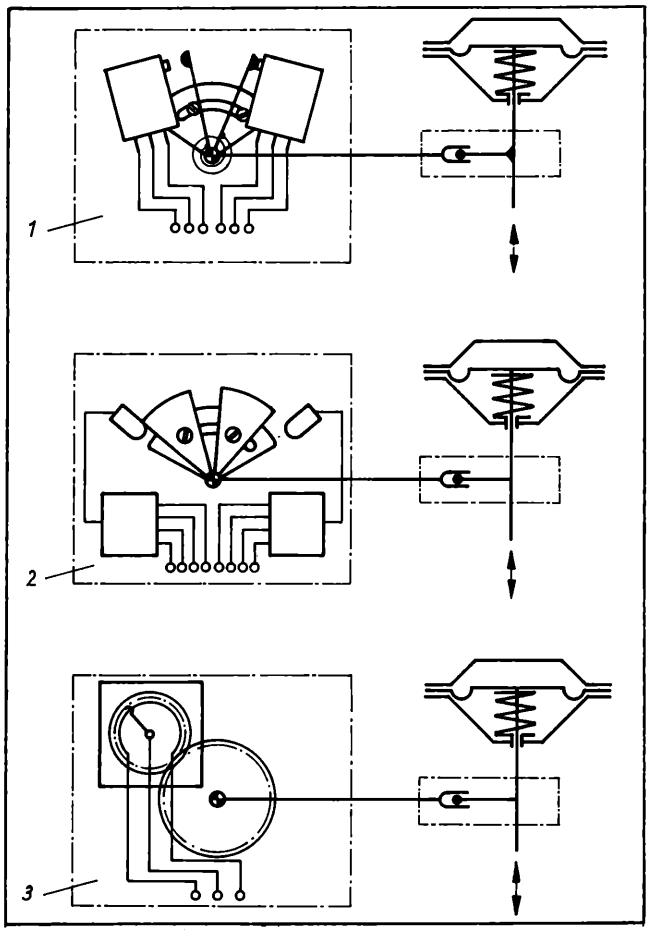


Bild 6. Wirkungsschema des *I/p*-Stellungsreglers mit Membranstellantrieb

1 Elektronikbaugruppe; *2* Festspule; *3* Verstärker; *4* Membranstellantrieb; *5* Zubehör; *6* Getriebe; *7* Geberspule

Bild 7. Wirkungsprinzipien der Lageschalter und des elektrischen Stellungsgebers

1 elektrischer Lageschalter (mit Mikrotaster) bzw. pneumatischer Lageschalter; *2* induktiver Lageschalter (mit Schlitzinitiatoren); *3* elektrischer Stellungsgeber mit Potentiometer)



Zur dynamischen Anpassung an den Membranstellantrieb kann die statische Verstärkung Kp verändert werden. Die Bereichseinstellung X_h und Einstellung des Anlaufwertes X_0 sind durch den Anwender nach Abnehmen der Gerätekappe leicht möglich. Der *I/p*-Stellungsregler arbeitet ohne zusätzliche elektrische Hilfsenergie. Die für die elektronischen Bauelemente benötigte Hilfsenergie wird dem Eingangssignal entnommen.

Das Eingangssignal beträgt für Normalbetrieb 4 bis 20 mA und bei Meßbereichsunterteilung 4 bis 12 mA und 12 bis 20 mA bzw. 4 bis 8 mA, 8 bis 12 mA, 12 bis 16 mA und 16 bis 20 mA.

Die Meßbereichsunterteilung wird durch Verwendung der Kurven 3 bzw. 4 realisiert. Der Anlaufwert X_0 kann am Potentiometer kontinuierlich zwischen 4 und 16 mA eingestellt werden. Die Hubcharakteristik (Bilder 3 und 4) kann wie beim pneumatischen Stellungsregler vom Anwender von den dargestellten Möglichkeiten selbst ausgewählt werden.

Der *I/p*-Stellungsregler kann wahlweise mit Hilfsluftdruck 140 kPa oder 250 kPa betrieben werden. Eine Hilfsluftdruckverstellung erfordert eine geringfügige Anlaufwertkorrektur bei X_0.

4. Stellungsrückmeldung

4.1. Lageschalter

Der Lageschalter ermöglicht die Abgabe von binären Signalen an zwei vom Betreiber im Hubbereich des Membranstellantriebes frei wählbaren Spindelstellungen. Er ist mit pneumatischen Schaltern, mit elektrischen Mikrotastern oder mit Schlitzinitiatoren ausgerüstet. Die induktive Variante gestattet die Verknüpfung mit allen üblichen Logiksystemen (TTL und MOS). Mit dem pneumatischem Lageschalter ist unmittelbar das DRELOBA-System ansteuerbar. Die elektrischen Mikrotaster sind für Schaltspannungen im Bereich 24 bis 220 V geeignet.

4.2. Elektrischer Stellungsgeber

Der elektrische Stellungsgeber formt den Hub des Membranstellantriebes in eine proportionale Widerstandsänderung eines Präzisions-Meßpotentiometers um. Das analoge elektrische Signal wird zur Hubanzeige oder zur Rückführung des Hubwertes in den Regelprozeß verwendet.

Zusammenfassung

Es wird ein System von Zubehörgeräten zu Membranstellantrieben vorgestellt, das den modernen Anforderungen der pneumatischen Stelltechnik entspricht.

Durch die Verwendung von Stellungsreglern werden Stellgenauigkeit und Stellgeschwindigkeit von Membranstellantrieben wesentlich verbessert, die Stellkraft, wird erhöht, und die Stellcharakteristik kann weitestgehend den Erfordernissen angepaßt werden. Der pneumatische Stellungsregler arbeitet mit einem pneumatischen Eingangssignal im Einheitsdruckbereich, der elektropneumatische Stellungsregler verarbeitet als Eingangssignal ein Stromsignal.

In vielen Anwendungsfällen ist es erforderlich, konkrete Hübe zu signalisieren. Je nach benötigter Signalart bzw. nach benötigtem Signalpotentional stehen dafür der pneumatische, der elektrische bzw. der induktive Lageschalter zur Verfügung. Der elektrische Stellungsgeber realisiert eine analoge elektrische Hubmessung.

msr 7277

Dr.-Ing. *S. Müller* und Dipl.-Ing. *A. Pomsel*, Dresden[1])

Druckversorger-Reihe — neue Generation von Druckluftaufbereitungsgeräten

IA 4.0.2.2

0. Einleitung

Zum zuverlässigen Betrieb pneumatischer Automatisierungsgeräte und Stelleinrichtungen verdient die Qualität der Druckluft, die als Signal- und Energieträger verwendet wird, ebensolche Beachtung wie die Qualität und Zuverlässigkeit der eingesetzten Geräte [1].

Die Druckversorger-Reihe (Bild 1) ermöglicht es, Vereinfachungen und Verbesserungen bei Projektierung, Bau und Betrieb pneumatischer Automatisierungs- und Rationalisierungslösungen kurzfristig spürbar zu machen.

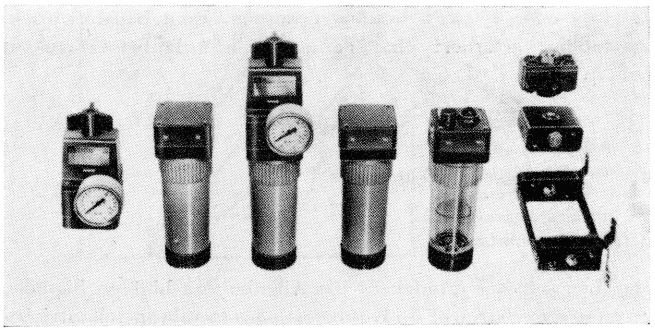


Bild 1. Geräte der Druckversorger-Reihe
(v. l. n. r.: Druckregler D, Filter S, Druckversorger SD, Filter F, Öler, Kugelhahn, Verteiler und Spannrahmen)

Wichtigste Merkmale der Druckversorger-Reihe sind:

- Abstimmung auf die Druck- und Volumenstrombereiche, die mit der größten Häufigkeit bei der Realisierung von Aufgaben der pneumatischen Steuerungs-, Regelungs-, Arbeits- und Antriebstechnik auftreten.
- Nutzung der der pneumatischen Gerätetechnik eigenen Einfachheit, Überschaubarkeit und Robustheit für die Erreichung größtmöglicher Zuverlässigkeit und Anpassung der Regelgenauigkeit der Geräte an die realen Anwenderbedürfnisse.
- Erfüllung der Sauberkeitsforderungen an die Druckluft, wie sie die Hersteller pneumatischer Automatisierungsgeräte und staatliche Normative vorschreiben, durch eine leistungsstarke Filtertechnik.
- Erfüllung der Forderungen an die Schmierwirkung der Druckluft für den Betrieb von Hochdruck-Bauelementen durch Öler.
- Gewährleistung großer Flexibilität bei der Projektierung, geringen Aufwandes für die Installation und maximalen Komforts für Bedienung, Wartung und Service durch eine neuartige Montagetechnik, die die Zusammenschaltung der Einzelgeräte zu kompletten Einheiten ermöglicht.

1. Charakteristik der Einzelgeräte

1.1. Druckregler

Die gesamte Gerätereihe ist in der Nennweite 10 mm und für einen Vordruck bis zu 1,6 MPa ausgelegt. Wichtigstes Gerät einer solchen Reihe ist der Druckregler. Seine Luftleistung wird durch Kennlinien beschrieben, die gleichzeitig Auskunft über die Abhängigkeit des Ausgangsdruckes von der Entnahmemenge geben (Bild 2). Bemerkenswert ist vor allem der große Durchsatz bis zu 120 m³/h bzw. 2000 dm³/min, der unter Verwendung von Anschlußelementen der Nennweite 10 mm gegeben ist. Weiterhin bedeutungsvoll ist die Art des Kennlinienendes, die erkennen läßt, daß der Volumenstrom durch den Querschnitt der Leitungen und nicht durch die Lieferfähigkeit der Geräte begrenzt wird. Dadurch können beliebig große Volumen gefüllt werden, ohne daß der Druck am Ausgang des Reglers wesentlich absinkt. Die Neigung der Kennlinien läßt die Einordnung als Geräte mittlerer Genauigkeit zu. Die Kennlinien vergleichbarer Erzeugnisse liegen in den im Bild 2 hervorgehobenen Bereichen. Steilere Kennlinien belegen, daß Aufgaben der pneumatischen Automatisierungstechnik auch mit wesentlich größeren Volumenstromabhängigkeiten gelöst werden können. Flachere Kennlinien zeugen vom Bemühen um eine hohe Druckkonstanz am Reglerausgang. Die praktischen Erfordernisse der Druckkonstanz sind aber u. a. auch daran zu orientieren, daß hinter dem Regler eine volumenstromabhängige Drosselung in der Zuleitung der Druckluft zum Verbraucher erfolgt. Damit ist die Nutzbarkeit höherer Genauigkeit, die nur mit gerätetechnischem Mehraufwand erzielbar ist, für die meisten Anwendungsfälle fragwürdig.

Der Aufbau des Druckreglers als kraftkompensierter Regler mit Einlaßsteuerung ist durchgängig auf die Minimierung des gerätetechnischen Aufwandes und die robuste Gestaltung bis zum konstruktiven Detail gerichtet. Das Streben nach hoher Zuverlässigkeit ist z. B. an der Auslegung der Gummimembran zu erkennen, die Druckbeanspruchungen bis zu 4 MPa standhält und Membranrisse nahezu vollständig ausschließt. Bei impulsförmiger Belastung der Geräte wurden bisher 25 Mill. Schaltspiele störungsfrei absolviert. Dabei wurden große Entnahmemengenänderungen durch schlagartiges Zu- und Abschalten der Druckluft am Geräteeingang simuliert. Die Angabe allgemeingültiger Zuverlässigkeitskennwerte basiert neben der Untersuchung bei extremen Bedingungen auf einer breiten Arbeit zur Ermittlung der Betriebszuverlässigkeit im industriellen Einsatz. Das z. Z. belegbare Zuverlässigkeitsniveau der Druckregler *D* ist durch eine mittlere Zeit zwischen zwei Aus-

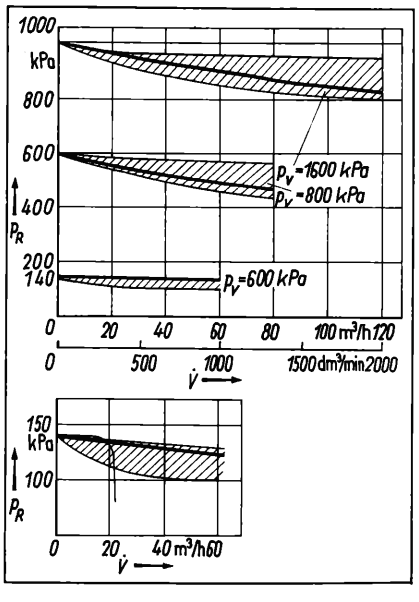


Bild 2
Volumenstromabhängigkeit Druckregler D und Druckversorger SD
p_R reduzierter Druck
p_V Vordruck
$\dot{V}$ Volumenstrom

[1]) Mitteilung aus dem VEB Reglerwerk Dresden.

fällen von $\Theta_U > 40000$ h (Konfidenzniveau 90%) zu beschreiben.

1.2. Filter

Die konstruktiven Randbedingungen sind — gemeinsam mit den Festlegungen zu Nenndruck und Nennweite — durch die Einordnung in eine Gerätereihe relativ klar vorgegeben. Zur Abscheidung grober Verunreinigungen dient ein Sinterfilterelement in Verbindung mit einer Verwirbelungseinrichtung. Von besonderem Interesse ist die Abscheidung von Öl in Form von Tropfen unter 10 µm Durchmesser. Als wirksame Abscheider für diese Verunreinigungen, die als Aerosole bezeichnet werden, haben sich Faserfilter bewährt. Um die Standzeit von Faserfiltern zu erhöhen, ist es notwendig, diesen Feinfiltern Grobabscheider vorzuschalten, die Feststoffpartikel und größere Wasser- bzw. Öltropfen zurückhalten und die Belastung des Faserpaketes herabsetzen. Innerhalb der Druckversorger-Reihe stehen für Aufgaben der Grobfilterung der Filter S und zur Feinfilterung der Filter F zur Verfügung.
Neben der zweckmäßigen konstruktiven Auslegung durch den Gerätehersteller ist es ein wichtiges Anliegen, den Einsatz der Filter beim Anwender optimal vorzunehmen. Die Forderungen, die an die Reinheit der Speiseluft für pneumatische Automatisierungsmittel gestellt werden, wurden in den vergangengen Jahren ständig präzisiert. Sie sind Bestandteil nationaler und internationaler Standards und Empfehlungen [2]. Die Frage, wie diese Forderungen erfüllt werden können, wird durch verantwortungsbewußte Projektanten und Betreiber immer öfter gestellt. Insbesondere sind es Zuverlässigkeitsanforderungen, die zur Einhaltung der Kennwerte der Speiseluft zwingen.

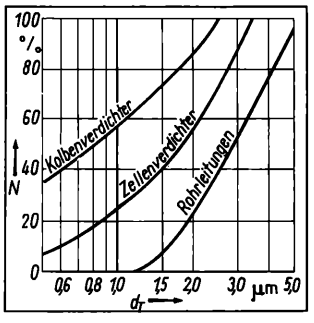


Bild 3
Massensummenhäufigkeitsverteilung N für typische Verunreinigungen (Ölaerosole)
d_T Teilchendurchmesser

Die Abscheidewirkung, die mit den Filtern der Druckversorger-Reihe zu erreichen ist, wird in der Gerätedokumentation anschaulich dargestellt. Dabei werden breite und reale Anwendungsbereiche erfaßt, so daß dem Anwender die Festlegung optimaler Betriebsbedingungen und eine reale Beurteilung seiner Druckluftqualität möglich sind. Grundlage dafür bildeten umfangreiche meßtechnische Untersuchungen [3] und [4].
Bei der Darstellung der Filterkennwerte wird zunächst über typische Spektren tropfenförmiger Verunreinigungen anhand der Massensummenhäufigkeitsverteilung N informiert (Bild 3). Selbstverständlich kann es sich dabei nur um Mittelwerte handeln, denn die Streuung hängt in der Praxis von einer Vielzahl von Randbedingungen ab. So können die Spektren von Kompressoren gleicher Größe und Bauart durch kleine konstruktive Unterschiede schon deutlich differieren. Trotzdem ermöglicht die Angabe typischer Spektren dem Anwender eine realere Beurteilung der Druckluftqualität als z. B. die Angabe des Abscheidegrades für ein Testaerosol.
Am Ausgang von Kolbenverdichtern sind etwa 50% der Ölmenge in Tropfen unter 0,8 µm Durchmesser konzentriert [5]. Für Zellenverdichter oder Rohrleitungsnetze nimmt der Anteil größerer Tropfen zu. Die Fraktionsabscheidegrade ε^* sind im Bild 4 für Tropfendurchmesser bis zu 10 µm angegeben, wobei die Abhängigkeit vom Durchsatz deutlich ist und natürlich große Unterschiede zwischen der Abscheidewirkung von Filter F und Filter S bestehen.

Die Abscheidewirkung des Filters S beruht für feste Teilchen auf der Siebwirkung des Sinterfilterelements und für flüssige Verschmutzungen auf der Zyklonwirkung. Das bedeutet, daß die Abscheidung fester Teilchen vom Volumenstrom unabhängig ist, während flüssige Verschmutzungen desto besser zurückgehalten werden, je höher die Anströmgeschwindigkeit ist.
Beim Filter F überlagern sich mehrere Abscheidemechanismen. Die drei wesentlichsten sind:

— direkte Abscheidung (Aufprallen der Verunreinigungen auf die Fasern)

— Diffusionsabscheidungen

— Trägheitsabscheidung.

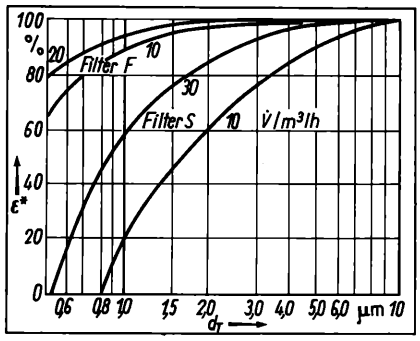


Bild 4
Fraktionsabscheidegrade ε^* für tropfenförmige Verunreinigungen (Ölaerosole)

Die Abhängigkeit von der Anströmgeschwindigkeit v ist im Bild 5 zu erkennen. Während die direkte Abscheidung nur von der Teilchengröße abhängt, ergeben sich für Diffusions- und Trägheitsabscheidung Abhängigkeiten von Teilchengröße und Anströmgeschwindigkeit. Summiert man die Wirkung der drei Abscheidemechanismen, so erhält man die im Bild 5 dargestellte Kurve des Gesamtabscheidegrades ε, deren prinzipieller Verlauf für alle Teilchendurchmesser gilt. Durch das Mitreißen bereits abgeschiedener Teilchen fällt der Gesamtabscheidegrad ε bei hohen Anströmgeschwindigkeiten wieder ab.

Die praktischen Messungen der Gesamtabscheidegrade für die Filter der Druckversorger-Reihe lassen eine gute Übereinstimmung mit diesen theoretischen Betrachtungen erkennen (Bild 6). Während der Gesamtabscheidegrad des Filters S bei zunehmenden Volumenströmen monoton steigt, ist beim Filter F der Bereich eines Maximums erkennbar. Aufgrund der unterschiedlichen Abscheidemechanismen sind die Abscheidegrade bei gleichen Verunreinigungsspektren beim Filter F wesentlich höher. Wie jedoch Bild 7 zeigt, ist damit auch ein wesentlich höherer Druckabfall als beim Filter S verbunden. Im Zusammenhang mit dem Gesamtabscheidegrad wird die Notwendigkeit deutlich, beim Filter F den Volumenstrom auf max. 25 m³/h zu begrenzen.

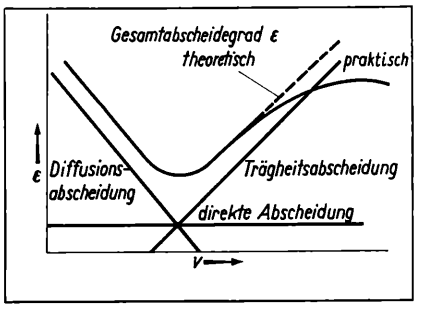


Bild 5
Abscheidemechanismen und Gesamtabscheidegrad ε des Filters F
v Anströmgeschwindigkeit

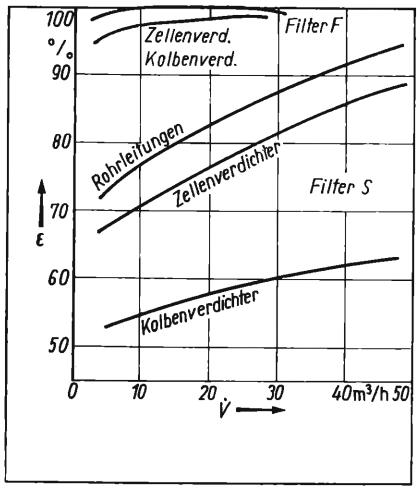


Bild 6
Gesamtabscheidegrad ε für tropfenförmige Verunreinigungen (Ölaerosole)

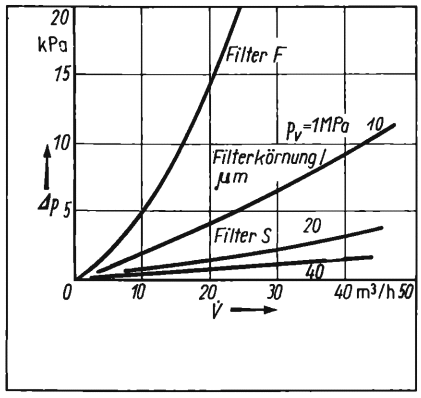


Bild 7
Druckabfall Δp für Filter S und Filter F

1.3. Öler

Neben der Aufgabe der Filterung der Druckluft besteht für zahlreiche Anwendungsfälle der Hochdruckpneumatik die Notwendigkeit der Schmierung mechanisch bewegter Bauelemente. Wenn auch inzwischen verschiedene Möglichkeiten bekannt geworden sind, durch Impulseinspritzsysteme den Schmiermitteleinsatz spürbar zu verringern, so ist doch die erste Bedingung dafür eine entsprechend vorbereitete anschlußfertige Schmierstelle, die in einer Vielzahl von Anwendungsfällen nicht vorhanden und deren Schaffung mit entsprechendem Mehraufwand verbunden ist. Zum anderen sind in den letzten Jahren die konventionellen Druckluftöler so weiterentwickelt worden, daß auch hier eine nennenswerte Öleinsparung möglich wurde. Bedingt durch die niedrigen Anschaffungskosten, den nur geringen Montage- und Installationsaufwand und die vorhandenen Betriebserfahrungen wird auch in den nächsten Jahren bevorzugt die Realisierung der Schmierfunktion mit konventionellen Druckluftölern erfolgen. Deshalb wurde in die Druckversorger-Reihe ein konventioneller Druckluftöler in verbesserter Ausführung einbezogen.

Zur Ölförderung wird mit Hilfe einer Venturidüse eine Druckdifferenz erzeugt. Durch einen der Venturidüse parallel geschalteten Bypaß, der in Abhängigkeit vom Volumenstrom öffnet, ist es möglich, die Tropfenzahl je Zeiteinheit bei variablem Volumenstrom nahezu konstant zu halten. Für die Ölkonzentration ergibt sich eine degressive Kennlinie, die nach praktischen Erfahrungen eine optimale Schmierung bei minimalem Verbrauch an Schmiermittel gewährleistet. Andererseits kann durch den Bypaß der Druckabfall über dem Gesamtgerät sehr gering gehalten werden.

Weitere Gebrauchswerterhöhungen ergeben sich aus folgenden konstruktiven Details:

— Die Nachfüllung ist unter Druck möglich. Durch eine geeignete Verriegelung wird der Behälter von der Druckluftzuleitung getrennt. Beim Öffnen der Nachfüllschraube erfolgt zunächst die Entlüftung des Behälters über einen getrennten Kanal, um Ölauswurf aus der Einfüllöffnung zu vermeiden. Der Durchsatz ungeölter Luft bleibt während des Füllvorganges gewährleistet.

— Eine Ölrücklaufsicherung verhindert das Leerlaufen des Steigrohres. Damit ist ein sofortiges Ansprechen des Ölers bei Druckmitteldurchsatz gegeben.

2. Montagetechnik und Zubehör

2.1. Spannrahmen

Die konstruktive Auslegung der Geräte ermöglicht die Zusammenfassung zu kompakten Einheiten. Dabei werden die Geräte Wand an Wand gespannt und untereinander mit Rundringen abgedichtet. Aufwendige Installationen von Verbindungsleitungen können damit entfallen. Die Spannfunktion übernimmt ein Spannrahmen. Dieser Spannrahmen wird über Halteelemente ortsfest an Gestellen oder Wänden befestigt und mit einer Druckmittelleitung verbunden. Die Geräte werden in den Spannrahmen eingehängt und mit einem längsbeweglichen, druckdichten Spannstück gespannt. Für Wartungs- und Service-

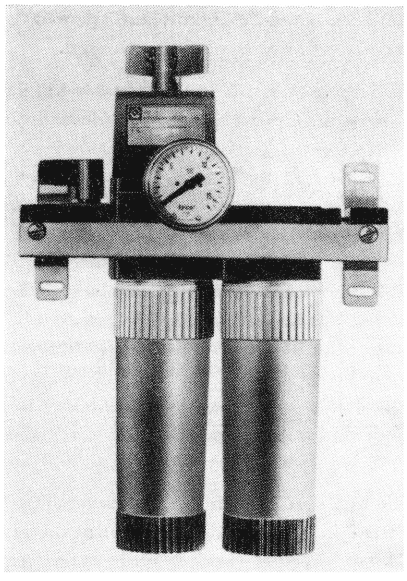
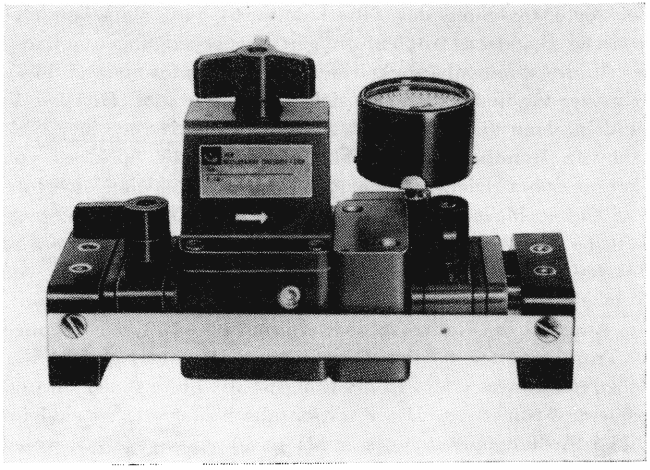


Bild 8
Druckversorger-Einheit, bestehend aus Kugelhahn, Druckversorger SD und Filter F

Bild 9. Spezielle Druckversorger-Einheit für Umformmaschinen



aufgaben ist die Entnahme der Geräte ohne Lösen von Rohr- oder Schlauchleitungen möglich. Die Längenstufung der Spannelemente (Schienen) läßt die Zusammenstellung beliebiger Kombinationen zu.

2.2. Kugelhahn und Verteiler

Neben den Spann- und Montageelementen enthält das Zubehör Absperrorgane und Verteiler für das Druckmittel. Damit entfallen auch für diese Funktion zusätzliche Installationsaufwendungen.

Die Absperrung des Druckmittels erfolgt mit Kugelhähnen, die an beliebiger Stelle im Spannrahmen angeordnet sein können. Bevorzugt erfolgt die Anordnung an der Eintrittsstelle des Druckmittels. Da die Befestigung der Kugelhähne an den Spannstücken erfolgen kann, sind sie nicht auf die Spannwirkung im Spannrahmen angewiesen und ermöglichen die Absperrung des Druckmittels für Wartungs- und Serviceaufgaben auch beim Ausbau von Geräten.

Über Verteiler ist die Verzweigung des Druckmittelkanals möglich. Dabei sind für die senkrechte Abzweigung wiederum Kugelhähne als Absperrorgane verwendbar.

3. Kompakteinheiten und Weiterentwicklung

Über die zweckmäßigste Form der Zusammenfassung der Einzelgeräte ist jeweils anhand der konkreten Aufgabenstellung zu entscheiden. Für viele Anwendungsfälle wird sich jedoch eine Vereinheitlichung der Gerätetechnik anbieten. Die Festlegung von Vorzugsvarianten in kompakter Ausführung (Bild 8) wird für diese Fälle die Senkung des Aufwandes für Projektierung und Montage ermöglichen. Ebenso ist die serienmäßige Anwendung spezieller Kombinationen für bestimmte Aufgaben der Aggregatautomatisierung zu erwarten. Für die Ausrüstung einer neuen Generation von Umformmaschinen wurde z. B. eine Gerätekombination (Bild 9) geschaffen, die sich u. a. durch die Druckmitteleinspeisung über Unterplatten auszeichnet.

Neben den vielfältigen Modifikationsmöglichkeiten durch geeignete Gerätezusammenfassung sind es auch solche Aufgaben, wie die Schaffung eines automatischen Kondensatablasses oder weiterer Reglervarianten, durch die die Druckversorger-Reihe ständig ergänzt wird.

Zusammenfassung

Das Einsatzspektrum pneumatischer Automatisierungsmittel umfaßt Aufgaben der pneumatischen Steuerungs-, Regelungs-, Arbeits- und Antriebstechnik und soll mit einer einheitlichen Gerätetechnik zur Druckluftaufbereitung überstrichen werden.

An die Zuverlässigkeit und Robustheit sowie an die Überschaubarkeit und einfache mechanische Beherrschbarkeit der Geräte zur Druckluftaufbereitung werden die gleichen hohen Anforderungen wie an die pneumatischen Automatisierungsgeräte selbst gestellt. Die Geräte der neuen „Druckversorger-Reihe" erfüllen mit ihren technischen Parametern, einer neuartigen Montagetechnik und umfangreichem Zubehör diese Forderungen. Die zur Abscheideleistung der Filter und zur Betriebszuverlässigkeit der Geräte erreichten Ergebnisse lassen besonders deutliche Fortschritte erkennen.

Literatur

[1] Filter-Regler-Öler – Konzeption eines Branchenführers (pd-Interview). pneumatik digest **11** (1977) H. 2, S. 32.

[2] Staatliche Standards: TGL 29827: MSR-Technik; Luft und inerte Gase zu-Versorgung pneumatischer Geräte; RS 4093-73 (RGW): Automatisierungsmittel und -geräte, Speiseluft für pneumatische Geräte.

[3] *Wild, H.:* Überblick über den gegenwärtigen Stand der Aerosolmeßtechnik. Staub **36** (1976) H. 4, S. 143.

[4] *Werner, F.; Müller, S.:* Untersuchungen an Abscheidesystemen zur Druckluftaufbereitung. Vortrag zur 8. Jablonna-Fluidik-Tagung, Bukarest 1980.

[5] *Werner, F.; Brückner, J.:* Ermittlung der Tropfenverteilung und Ölkonzentrationen in Verdichter- und Vakuumpumpenanlagen. Pumpen und Verdichter-Information (1977) H. 2, S. 28.

msr 7274

Dipl.-Ing. *M. Šoltys*, Prešov, und Dipl.-Ing. *H. Rotzsch*, Dresden[1])

Elektrische Stellantriebe KLIMATERM

IA 4.6.1.1.

0. Einleitung

Der gegenwärtige Entwicklungstrend auf dem Gebiet der elektrischen Stelltechnik richtet sich auf eine Integration des Reglers in den elektrischen Stellantrieb.
Der Einbau eines Dreipunktreglers in den bekannten Antrieb KLIMACT ergibt ein kompaktes Gerät und bringt Ersparnisse für die Anwender. Bei der Anlagenerrichtung entfallen die langen Verbindungsleitungen zwischen dem Regler in der Warte und dem Stellantrieb. Die Installationskosten verringern sich wesentlich.
Beim Einbau eines elektronischen Temperaturreglers ERT 1 in die elektrischen Stellantriebe der Typen KLIMACT I und II ergeben sich folgende vier Grundtypen im Angebot:

- elektrischer Schubantrieb KLIMATERM Typ KTT I und KTT II,
- elektrischer Schwenkantrieb KLIMATERM Typ KPT I und KPT II.

1. Anwendung

Die Stellantriebe KLIMATERM dienen zur automatischen Regelung der Temperatur, die durch ein Widerstandsthermometer Pt 100 erfaßt wird. Die Regelung erfolgt durch Steuerung der Schub- bzw. Schwenkantriebe infolge der Regelabweichung zwischen Soll- und Istwert der Temperatur.

Das Anwendungsgebiet der Stellantriebe ist durch die Konstruktion der Antriebe bestimmt. Die KLIMACT-Antriebe haben sich in allen Klima- und Heizungsanlagen bewährt und sind auch für andere elektrische Regelsysteme geeignet.

[1]) Mitteilung aus dem volkseigenen Betrieb ZÁVODY PRIEMYSELNEJ AUTOMATIZÁCIE (ZPA) Dukla Prešov/ČSSR und dem VEB Reglerwerk Dresden.

2. Betriebsbedingungen

Die Stellantriebe KLIMATERM arbeiten im Umgebungstemperaturbereich von −20 °C bis +50 °C bei einer relativen Luftfeuchte von 80% bei 20 °C zuverlässig.
Der Schutzgrad der Geräte beträgt IP 54 nach ST RGW 778.

3. Konstruktiver Aufbau

Die elektrischen Stellantriebe KLIMATERM sind so konstruiert, daß sie an Ventile, Klappen oder Jalousien sowie an andere Stellglieder angebaut werden können.
Der Einphasen-Asynchronmotor mit Betriebskondensator ist nebst Temperaturregler, Getriebe und Ausrüstung, wie Schalter, Ferngeber, Heizwiderstand, in einem Gehäuse untergebracht.
Der elektrische Anschluß der Kabel erfolgt an einer Klemmenleiste über zwei Kabelstopfbuchsen.
Nach Abnehmen der Haube sind alle Einstellknöpfe für den Regler erreichbar. Es sind dies die Potentiometer:

- X_p für den Proportionalbereich,
- W für den Sollwert (Führungsgröße),
- S für die Schaltdifferenz (Empfindlichkeit).

Durch Verbindung bestimmter Anschlußklemmen sind vier verschiedene Integrationszeitkonstanten T_i über die Rückführung innerhalb des Reglers programmierbar.
Der konstruktive Aufbau des Getriebes für die Stellantriebe entspricht unverändert den Typen KLIMACT I und II.

3.1. Elektrischer Schubantrieb

Die richtige Auswahl der Antriebskennwerte ist für eine optimale Arbeitsweise des Regelkreises äußerst wichtig und zahlt sich in der Zuverlässigkeit, Lebensdauer und Regelgüte aus.

Zu beachten sind deshalb

Antriebstyp	KTT I	KTT II
max. Stellkraft [kN]	4 bzw. 6,3	16 bzw. 20
Stellgeschwindigkeit [mm/min]	6,3; 16; 25; 32 oder 50	20; 32 oder 50
Stellhub [mm]	15—50	15—100
Nachlauf [mm Stellweg]	0,02 bis 0,5 (je nach Stellgeschwindigkeit und Belastung)	0,15 bis 1,9

Die Schubantriebe haben je nach Typenwahl eine einseitige (in Schließrichtung) oder eine doppelseitige Moment-(Kraft-) Abschaltung.
Die Ausrüstung beinhaltet neben Motor und Betriebskondensator noch die notwendigen Mikroschalter zur Moment- und Lageaus- bzw. -umschaltung sowie Signalisation, einen Widerstandsferngeber 100 Ω und einen Heizwiderstand zur Verhinderung von Kondensatbildung im Antrieb.

3.2. Elektrischer Schwenkantrieb

Die zu beachtenden Antriebskennwerte sind:

Antriebstyp	KPT I	KPT II
max Stellmoment [N · m]	16	50
Stellzeit [s/90°]	40 oder 60	60
Stellwinkel [Grad]	90 oder 120	90 oder 120
Nachlauf [Grad Stellwinkel]	0,1 bis 0,2 (je nach Stellzeit und Belastung)	0,1 bis 0,2

Die Antriebe haben eine mechanische Bremse zur Selbsthemmung des Antriebes und werden ausschließlich wegabhängig ausgeschaltet. Die Ausrüstung beinhaltet neben Motor und Betriebskondensator die Mikroschalter zur Lageaus- bzw. -umschaltung sowie Signalisation, einen Widerstandsferngeber 100 Ω und einen Heizwiderstand.

3.3. Elektronischer Temperaturregler ERT 1

Eingangssignal:	Anschluß eines Widerstandsthermometers Pt 100 in Dreileiteranschluß mit Temperaturbereichen (in °C): 0 bis 50; 15 bis 30; 20 bis 120 oder 50 bis 200.
Sollwerteinstellung [%]:	0 bis 100 des Temperatureingangsbereiches (Einstellgenauigkeit ≦ 2,5% des Eingangsbereichs)
Schaltdifferenz S [K]: (Empfindlichkeit)	±0,5 einstellbar im Bereich ±0,5 bis ±2,5 (im Verhältnis 1:5)
Proportionalbereich x_p [%]:	einstellbar 0 bis 200
Zeitkonstanten der Rückführung [min]:	programmierbar: $T_{1D} = 9{,}3$; $T_{2D} = 6{,}3$; $T_{3D} = 4{,}0$; $T_{4D} = 0{,}9$
Leistungsbedarf [VA]:	7
Zulässige Belastung der Schaltkontakte im Regler:	max. 300 VA, $\cos\varphi = 0{,}4$ $U_{max} = 250$ V; $I_{max} = 3$ A $1 \cdot 10^6$ Einschaltungen
Arbeitslage:	beliebig

3.4. Kompaktgerät KLIMATERM

(Stellantrieb mit eingebautem Temperaturregler)

Type	KTT I	KTT II	KPT I	KPT II
Typ-Nr.	52470	52471	52332	52334

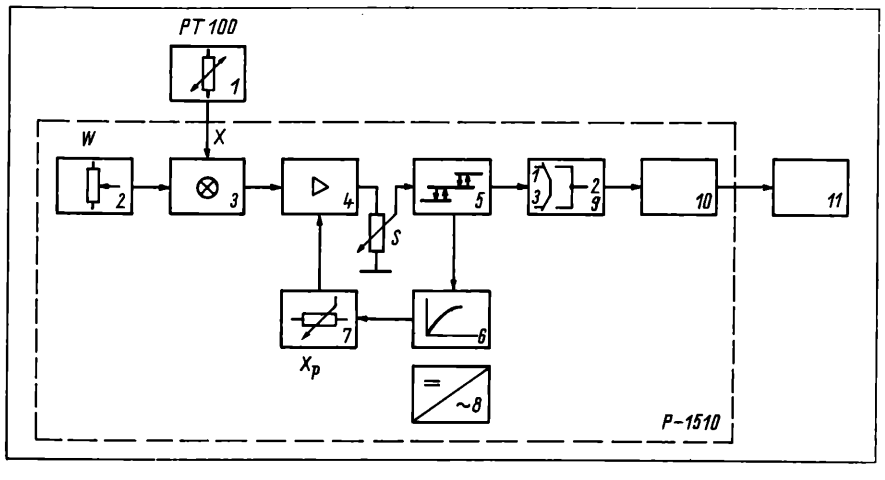


Bild 1
Signalflußbild der Regelstelleinrichtung

1 Widerstandsthermometer Pt 100 (gehört nicht zum Lieferumfang); *2* Potentiometer für Sollwerteinstellung W; *3* Mischstelle (Summierschaltung); *4* Verstärker; *5* Kippschaltung; *6* Rückführung; *7* Potentiometer für Einstellung des Proportionalbereiches; *8* Netzteil; *9* Schaltkontakte des Motorrelais; *10* Stellantrieb KLIMACT; *11* Stellglied (gehört nicht zum Lieferumfang); S Potentiometer für Einstellung der Schaltdifferenz (Empfindlichkeit)

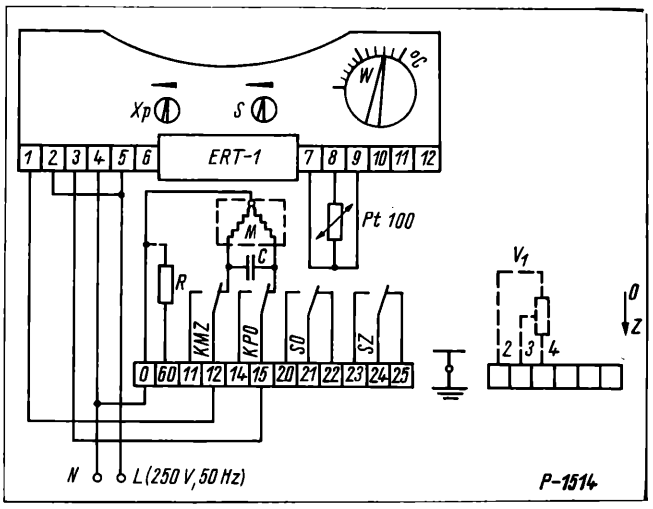


Bild 2. Schaltbild P-1514 des Stellantriebes KLIMATERM KTT mit einseitiger Momentabschaltung in Schließrichtung des Antriebes (Beispiel)

Masse [kg]	11	20	9	12
Motorbetriebsspannung [V]		220		
Frequenz [Hz]		50/60		
Motortype	FCJ2B52B	FCJ4C52	FCT2B54B	FCJ2B52B
Motorleistung [W]	15	60	4	8
Kondensator [µF]	2	5	2	1

Ausführung wird für Klimabereich N II oder T II angeboten.

4. Funktionsweise des Stellantriebes KLIMATERM

Der Stellantrieb KLIMATERM kann als Signalflußbild nach Bild 1 dargestellt werden.
Die Anschlußschaltung des Reglers ist im Bild 2 dargestellt. Die wichtigsten Funktionsgruppen:

- Netzteil für Motor und Regler
- Meßbrücke und Verstärker
- Leistungsverstärker
- Stellantrieb

werden im folgenden weiter beschrieben.

4.1. Netzteil für Motor und Regler

Eine Betriebsspannung 220 V, 50 oder 60 Hz, wird gemeinsam für Motor und Regler (s. Bild 2) verwendet. Die im Netzteil des Reglers erzeugte stabilisierte Gleichspannung dient zur Speisung von Meßbrücke, Verstärker und verzögerter Rückführung. Am Ausgang des Leistungsverstärkers liegt die nicht stabilisierte Betriebsspannung von 220 $V^{+10\%}_{-15\%}$ an.

4.2. Meßbrücke und Verstärker

Größe und Polarität der Regelabweichung werden durch die Spannung an der Meßbrücke bestimmt. Dieser Spannung werden verzögernde Rückführungen aufgeschaltet, die zum pulsierenden Ausgangssignal des Verstärkers führen. Eine Rückkopplung erfolgt durch einen MOSFET-Transistor mit RC-Glied im Gatezweig. Das RC-Glied besteht aus einem Kondensator und drei hochohmigen Widerständen. Die Integrationszeitkonstante T_i ist in vier Stufen durch Programmierung (Verbinden) der Klemmen 10, 11 und 12 von außen am Regler wählbar. Der Proportionalbereich X_p wird durch Einstellung am Potentiometer X_p gewählt.

4.3. Kippschaltung und Leistungsverstärker

Die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers ist zu den Eingängen der Kippschaltungen geführt, und je nach Wert und Polarität wird das Relais für „mehr" oder „weniger" erregt. Über die Relais erfolgt die Leistungsverstärkung auf Motorbetriebsspannung.

4.4. Stellantriebe

Der Stellantrieb, dem Antrieb KLIMACT identisch, formt das Reglerausgangssignal in die Stellgröße y für das Stellglied um. Der Antrieb ist integralwirkend. Eine Rückführung vom Antrieb zum Regler erfolgt nicht. Der Antrieb mit angeschlossenem Regler arbeitet quasistetig mit PI-Verhalten.

Der Regler reagiert auf die Veränderung der Regelabweichung, die zusammen mit der verzögerten Rückführung im Regler und dem I-Verhalten des Antriebes die impulsintegrierende Wirkung mit P-Anteil des KLIMATERM herbeiführt. Durch passendes Einstellen des Reglers und guter Auswahl der Antriebskenngrößen kann man einen optimalen Regelbetrieb erreichen.

5. Einstellung der Reglerkennwerte und Anpassung an die Regelstrecke

Um das Dreipunktglied des Reglers mit dem Stellmotor an die Regelstrecke anpassen zu können, muß die Stellgeschwindigkeit von der Regeldifferenz möglichst linear abhängig sein. Dies wird durch die verzögerte Rückführung erreicht. Bild 3 zeigt den damit entstehenden Regelkreis.

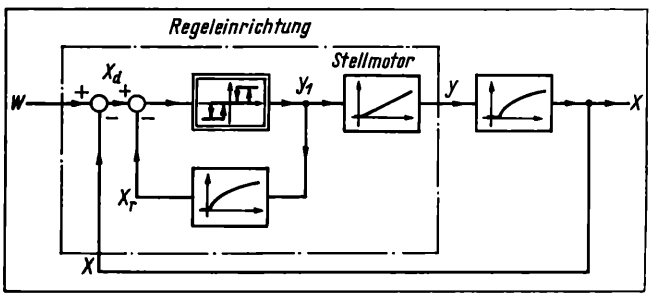


Bild 3. Regelkreis mit Stellantrieb KLIMATERM

Im Bild 4 ist der prinzipielle Verlauf einer Sprungantwort dargestellt. Im Zeitpunkt $t = 0$ wird die Regeldifferenz von 0 auf $X_{do} > X_{T/2}$ geändert. Das Dreipunktglied spricht an, und durch die Stellgröße Y_{1h} wächst die Rückführgröße nach einer Exponentialfunktion:

$$X_r = K_r \cdot Y_{1h} (1 - e^{-t_1/T_{re}}) .$$

Sobald sie die Größe

$X_r = X_{do} - \frac{X_T}{2} + 2X_u$ erreicht hat, wird $y_1 = 0$ und die Rückführgröße klingt wieder ab bis auf den Wert

$$X_r = X_{do} - \frac{X_T}{2} .$$

Aus den Gleichungen der Exponentialfunktionen lassen sich die Dauer der Schaltimpulse bestimmen.

Der Verlauf der Stellgröße y läßt sich errechnen. Sie erreicht nach Ablauf des ersten Stellimpulses den Wert

$$y_0 = \frac{t_1}{T_y} \cdot Y_h \approx \frac{Y_h}{K_r \cdot Y_{1h}} \cdot \frac{T_{re}}{T_y} \cdot X_{do}$$

und nimmt dann während eines jeden Schaltspieles um

$$y = Y_h \cdot \frac{t_e}{T_y}$$

zu. Die mittlere Stellgeschwindigkeit wird proportional der Regeldifferenz, wenn die Bedingung

$$X_{do} \gg K_r \cdot Y_{1h}$$

erfüllt ist, was durch Einstellung der Rückführung erreicht werden kann.

Das Dreipunktglied mit verzögerter Rückführung und dem integrierenden Stellantrieb (Stellmotor) wirkt ähnlich wie ein PI-Regler. Aus dem Vergleich der Sprungantworten lassen sich die Parameter $\overline{K}_p$, $\overline{T}_n$ ermitteln. Da es sich um Näherungswerte handelt, sind die Parameter mit dem Querstrich gekennzeichnet.

Man erhält

$$\overline{T}_n \approx T_r ,$$

$$\overline{K}_p \approx \frac{y_h}{K_r \cdot Y_{1h}} \cdot \frac{T_r}{T_y} .$$

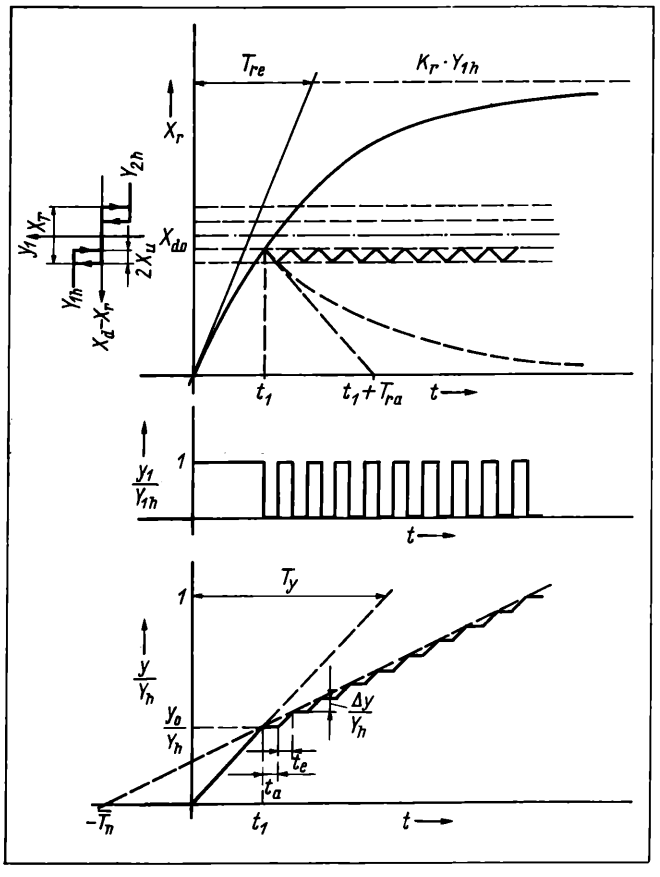
Die Nachstellzeit $\overline{T}_n$ ist also gleich der Zeitkonstanten der Rückführung.

Der Übertragungsbeiwert $\overline{K}_p$ kann in den Proportionalbereich $\overline{X}_p$ umgerechnet werden:

$$\overline{X}_p = K_r \cdot \frac{Y_{1h}}{X_h} \cdot \frac{T_y}{T_r} \cdot 100\% .$$

$\overline{X}_p$ errechneter Proportionalbereich [%]
$K_r \cdot Y_{1h}$ Rückführgröße [°C]

Bild 4. Sprungantwort



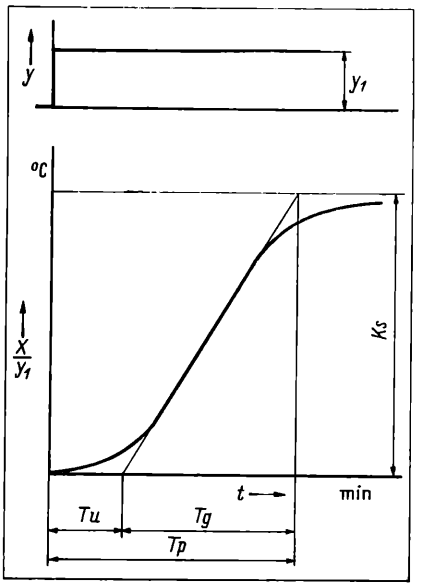


Bild 5
Übergangsfunktion einer Regelstrecke mit Ausgleich

T_y Stellzeit des Antriebes [min]
T_r Zeitkonstante der Rückführung [min]
$T_n = T_I = T_r$.

Die Optimierung eines Regelkreises ergibt sich aus den bekannten Faustformeln. Zur richtigen Einstellung müssen bei einer Regelstrecke mit Ausgleich nach Bild 5 gewählt werden:

$$\overline{K}_p = \frac{0{,}8}{K_s} \cdot \frac{T_g}{T_u},$$

$$\overline{T}_n = 3 \cdot T_u .$$

Die Einstellung der Rückführung kann aus der Gleichung

$$K_r \cdot Y_{1h} \approx \frac{Y_h}{K_p} \cdot \frac{T_r}{T_y}$$

errechnet werden. Nach der Inbetriebnahme des Reglers können durch nicht vorhergesehene Ursachen Schwingungen auftreten, die auf falsche Einstellung hinweisen. Als typisch schlecht kann man solche Regelvorgänge betrachten, die im Bild 6 dargestellt sind.

Bei Verhalten des Regelkreises nach Bild 6a ist die Einstellung von X_p bzw. gleichzeitig die von T_i zu vergrößern. Nach Bild 6b

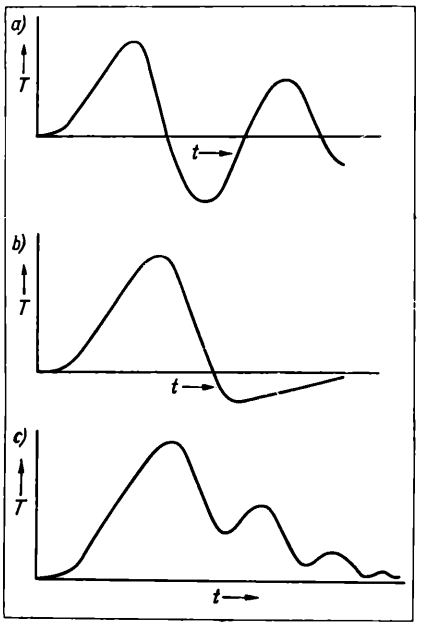


Bild 6
Typische Regelvorgänge bei schlechter Einstellung des Reglers

a) X_p und T_i zu klein;
b) X_p zu groß
c) T_i zu klein

müßte X_p verkleinert und bei Bild 6c muß T_i verändert werden.

In Anbetracht dessen, daß die Regelung nicht kontinuierlich, sondern schrittweise verläuft, ist bei der Lösung des Problems die Größe der einzelnen Stellschritte zu beachten. Der Eingriff des Reglers unter Beachtung der einstellbaren Schaltdifferenz S (Empfindlichkeit) und der gesamten Verstärkung des Systems ist zu berücksichtigen.

Für die bessere Anschaulichkeit kann man schreiben:

$$\Delta y = \frac{S}{K_s}.$$

Δy kleinster Schritt, hervorgerufen durch den Reglereingriff
S Schaltdifferenz (Empfindlichkeit) in Temperaturgraden
K_s Systemverstärkung

Wird die Bedingung nicht erreicht, kann es zur Unstabilität des Regelkreises führen. Aus diesem Grund ist es notwendig, die Schaltdifferenz S nach der Beziehung

$$S = \frac{2 \cdot X_u}{\overline{X_p} \cdot X_r} \cdot X_{max}$$

einzustellen.
Das Kriterium für den Einfluß der Schaltdifferenz S (Empfindlichkeit) auf die Stabilität des Regelkreises läßt sich mit der Gleichung

$$S = \frac{2 \cdot X_u}{K_r \cdot Y_h} \cdot \frac{T_r}{T_y} \cdot X_{max}$$

ausdrücken.

$2 \cdot X_u$ Hysterese des Reglers [°C]
$\overline{X_p}$ vorher berechneter Proportionalbereich [%]
X_R Eingangssignalbereich des Reglers
X_{max} maximaler Wert der Regelgröße bei voll geöffnetem Stellglied
$K_r \cdot Y_h$ Einfluß der Rückführung
T_r Zeitkonstante der Rückführung des Reglers
T_y Stellzeit des Stellantriebes

6. Ausblick auf weitere Vorhaben

Um weitere Regelsysteme ökonomischer und qualitätsverbessert realisieren zu können, wird die Integration von Stellungsreglern und weiteren Reglertypen in die KLIMACT- und MODACT-Stellantriebe vorbereitet. Der Übergang zu räumlich dezentralisierten Regelungsstrukturen wird damit unterstützt und gefördert. Für Rationalisierungsvorhaben wird damit ein modernes Gerätesortiment angeboten werden.

msr 7275

Dipl.-Ing. *E. Sachse*, Weida[1])

Schalterstellglied im System „ursamar 4000"

IA 4.6.2.1.

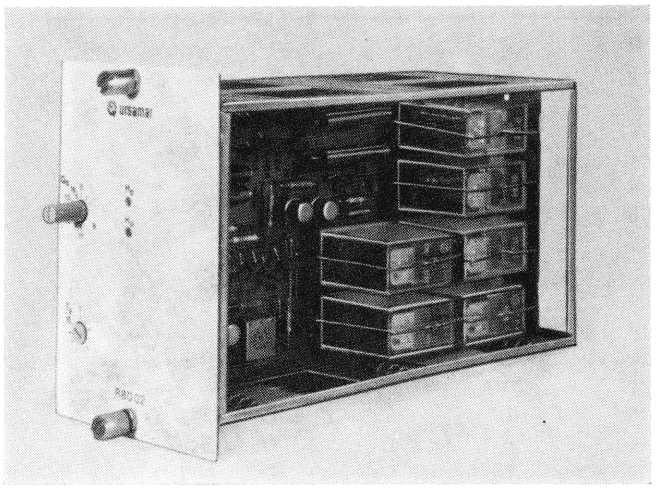
0. Einordnung

Das Bausteinreglersystem „ursamar 4000" des VEB Wetron Weida gestattet die Lösung vielfältiger regelungstechnischer Probleme und berücksichtigt u. a. auch die Belange der Klimaregelung. Zur Vervollständigung des Systems hinsichtlich des Einsatzes in der Klimatechnik wurden spezielle Bausteine entwickelt. Zu diesen Bausteinen zählt das elektronische Schalterstellglied mit der Kurzbezeichnung RBD 02 (Bild 1).

1. Anwendung

In der Klimatechnik werden neben stufig geschalteten Aggregaten (Elektroheizer, Verdichter, Dampfbefeuchter) vorwiegend elektromotorisch angetriebene Stellglieder mit konstanter Stellgeschwindigkeit in Verbindung mit unstetigen Reglern (Dreipunktreglern) zur Beeinflussung von Temperatur und Feuchte eingesetzt. Aus den verschiedenen technologischen Möglichkeiten der Temperatur- und Feuchtebeeinflussung ergeben sich auch unterschiedliche Bedingungen für die Ansteuerung der Stellglieder durch die Regler. Während Stellglieder mit elektromotorischen Stellantrieben direkt von den Reglerausgangskontakten angesteuert werden und dabei die impulslängen- und impulsphasenmodulierten Reglersignale integrieren (das Zusammenwirken von Regler und Stellglied ergibt ein quasistetiges Regelverhalten), ist bei der Verwendung von Schaltschützen als Stellglieder ein integrierendes Zwischenglied zwischen Reglerausgang und Schaltschützen vorzusehen, welches die impulsmodulierten Reglersignale in ein ständig anliegendes Ausgangssignal umwandelt.
Diese Funktion wird mit Hilfe eines Schalterstellgliedes realisiert.
Um ein möglichst feinstufiges, quasistetiges Verhalten leistungsgestufter Aggregate in einem Regelkreis zu erreichen, werden die Schaltstufen in ihrer Leistung zweckmäßigerweise so bemessen, daß die jeweils folgende Stufe die doppelte Leistung der vorhergehenden aufweist (Dualstufung).
Auf diese Weise kann zum Beispiel mit vier Leistungsstufen durch ein dual verschlüsseltes Ausgangssignal des Schalterstell-

Bild 1. Schalterstellglied RBD 02



[1]) Mitteilung aus dem VEB Wetron Weida.

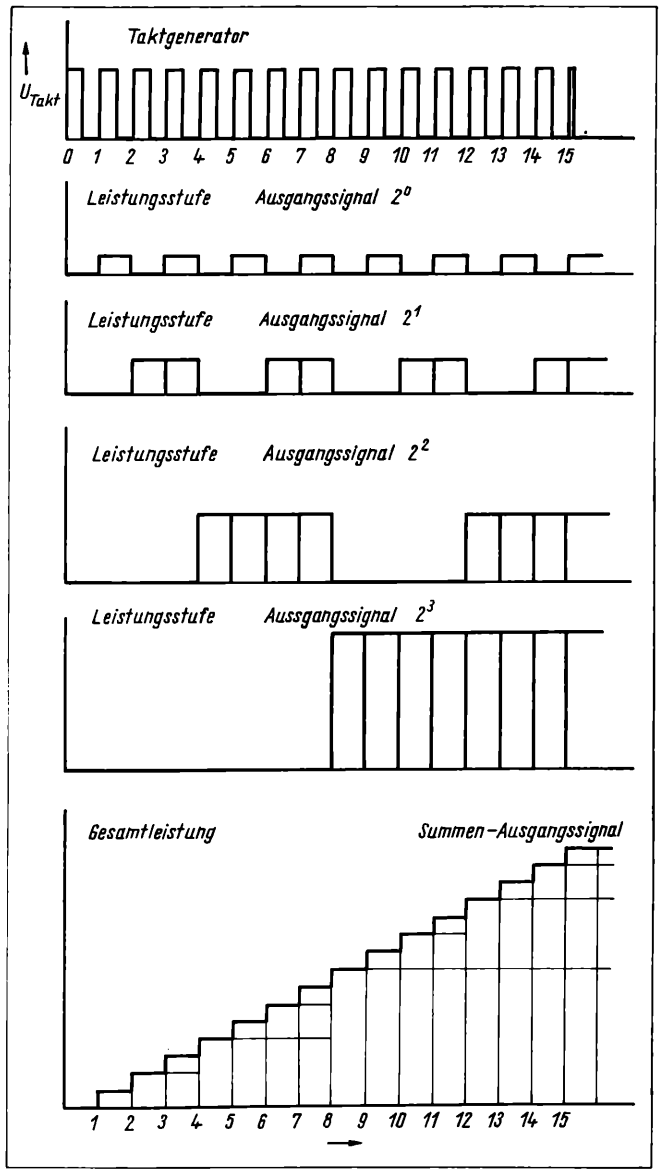


Bild 2. Ausgangssignale des Schalterstellgliedes unter Berücksichtigung binärkodierter Leistungsstufen

gliedes eine Gesamtstufenzahl von 15 Stufen mit gleichem Abstand untereinander erreicht werden (Bild 2). Für das Ausgangssignal des Schalterstellgliedes gilt nachstehende Schaltbelegungstabelle:

Stufe	Ausgänge mit der Wertigkeit			
	2^0	2^1	2^2	2^3
0	0	0	0	0
1	L	0	0	0
2	0	L	0	0
3	L	L	0	0
4	0	0	L	0
5	L	0	L	0
6	0	L	L	0
7	L	L	L	0
8	0	0	0	L
9	L	0	0	L
10	0	L	0	L
11	L	L	0	L
12	0	0	L	L
13	L	0	L	L
14	0	L	L	L
15	L	L	L	L

Die Durchlaufzeit für die Stufen (Stellzeit) ist einstellbar. Diese Einstellmöglichkeit gestattet das Anpassen der stufig geschalteten Aggregate an das dynamische Verhalten des Regelkreises.
Die Ausrüstung des Schalterstellgliedes mit Endlagenschaltern, die bei Erreichen der unteren bzw. oberen (von der 5. bis 15. Stufe einstellbaren) Endlage ansprechen und die ankommenden Stellsignale weiterschalten, ermöglicht eine Folgeschaltung von elektromotorischen Stellantrieben und gestuften Aggregaten.
Die Begrenzung der oberen Endlage wird benötigt, wenn nicht alle Stufen ausgenutzt werden sollen bzw. wenn z. B. nur drei Leistungsstufen anzusteuern sind. Im letzteren Fall ist die Begrenzung auf der 7. Stufe vorzunehmen. Für zwei Leistungsstufen sind zweckmäßigerweise die Ausgänge mit den Wertigkeiten 2^1 und 2^2 zu verwenden, und der Ausgang 2^0 ist nicht zu beschalten.
Entsprechend den Schaltstufen wird ein quasistetiges Spannungssignal 0 ... 10 V für eine Stellungsanzeige bereitgestellt. Diese Umwandlung impulsförmiger Reglersignale in ein quasistetiges Spannungssignal wird z. B. applikativ bei der Drehzahlstellung von Regenerativ-Wärmeübertragern (Regeneratoren) genutzt.
Das Schalterstellglied wird in zwei Varianten angeboten:

- RBD 02—01 mit Steuereingang für 220 V, 50 Hz;
- RBD 02—02 mit Steuereingang für 24 V Gleichspannung.

2. Funktionsbeschreibung

Bild 3 zeigt die Prinzipschaltung des RBD 02.
Die Steuerspannung — Bezugspotential ist der Anschluß X2/29A — gelangt bei Stellsignal „weniger" vom Anschluß X2/19C über den Potentialtrenner *1* bzw. bei Stellsignal „mehr" vom Anschluß X2/17A über Potentialtrenner *2* an die Eingänge X_1 bzw. X_2 der Steuerlogik *3*. Je nach Richtung des Stellsignales wird der Dualzähler *4* auf die Zählweise „vorwärts" bzw. „rückwärts" geschaltet. Der Taktgenerator *5* wird über das Verzögerungsglied *10* gestartet, und damit wird die Zählersperre freigegeben.
Die Schaltstufen *13* bis *16* werden entsprechend der Dualverschlüsselung 2^0, 2^1, 2^2, 2^3 angesteuert; die Ausgabe erfolgt über die Kontakte K1/1 ... K4/1. Die jeweils erreichte Stufe wird über die Stellungsanzeige *17* in Form eines quasistetigen Spannungssignales gemeldet. Die Durchlaufzeit für alle Stufen ist durch Änderung der Taktfrequenz des Taktgenerators *5* kontinuierlich einstellbar.
Bei Erreichen der oberen Endlage schaltet das Endlagenrelais K6 den Eingang X2/17A auf X2/29C um; gleichzeitig erfolgt eine Meldung über den Wechsler K6/1. Das Einstellen der oberen Endlage wird mit Hilfe des Wahlschalters *7* in Verbindung mit der Dekodiermatrix *6* vorgenommen. Bei Erreichen der unteren Endlage schaltet das Endlagenrelais K5 das Stellsignal „weniger" vom Anschluß X2/19C auf X2/21C weiter und meldet diesen Zustand über den Wechsler K5/1.
Liegt kein Stellsignal an, werden Taktgenerator und Zähler gestoppt, und die zuletzt erreichte Stufe wird beibehalten. Bei Netzausfall und wiederkehrender Stromversorgung erfolgt über Stabilisierungsschaltung *8* und Verzögerungsglied *9* ein Rücksetzen des Zählers *4* und damit ein Rückstellen des Ausgangssignales auf die untere Endlage.

3. Technische Angaben

Die nachfolgenden Angaben stellen einen Auszug aus den technischen Daten gemäß Kennblatt dar und dienen als Ergänzung zur bisherigen Beschreibung.

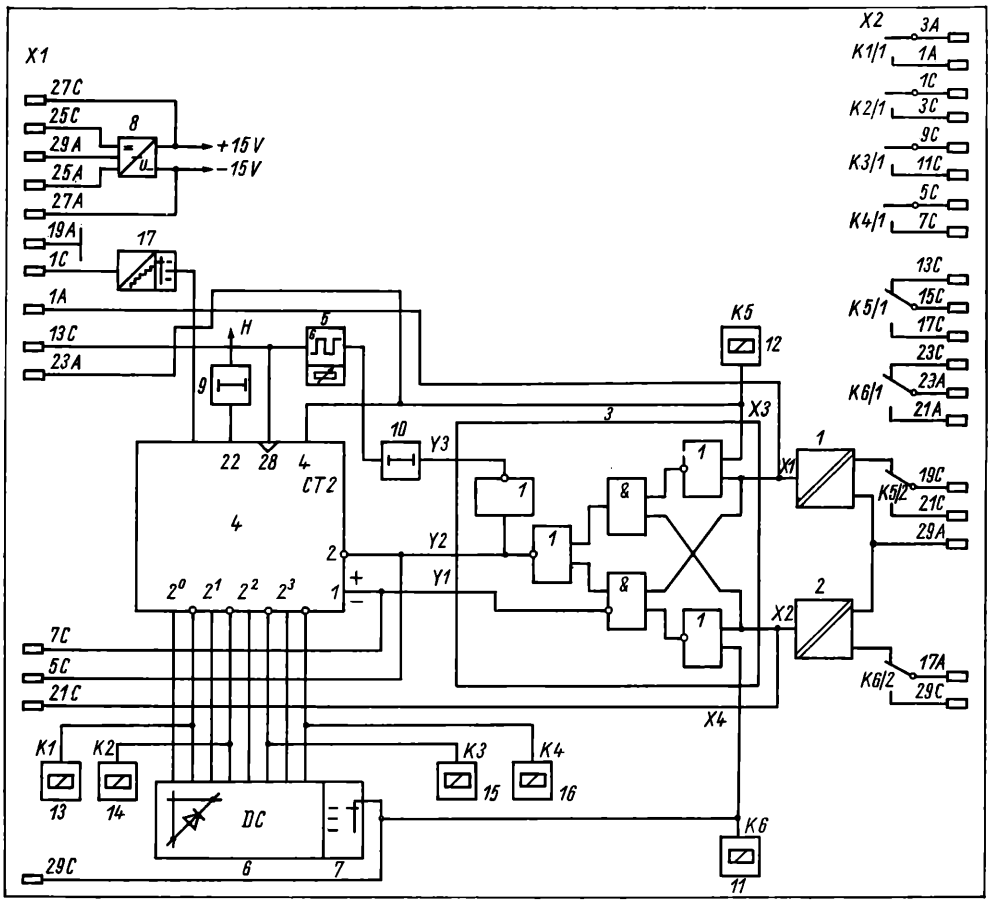


Bild 3. Prinzipschaltbild des RBD 02
1, 2 Potentialtrenner; *3* Steuerlogik; *4* Dualzähler (vor-rückwärts); *5* Taktgenerator; *6* Dekodiermatrix; *7* Wahlschalter für obere Begrenzung; *8* Spannungsstabilisierung; *9, 10* Verzögerungsglied; *11* Melderelais für obere Endlage; *12* Melderelais für untere Endlage; *13* bis *16* Ausgangsrelais K1 bis K4 mit Wertigkeiten 2^0 bis 2^3; *17* Stellungsanzeige (Spannungssignal)

Eingangswiderstand:	≧ 6 kΩ für RBD 02—01 ≧ 500 Ω für RBD 02—02
max. Eingangsspannung:	250 V Ws für RBD 02—01 30 V Gs für RBD 02—02
Belastbarkeit aller Kontaktausgänge:	
— max. Schaltspannung:	250 V
— max. Schaltstrom:	3 A
— max. Dauerstrom:	2,5 A
— max. Schaltleistung:	50 W
— Lebensdauer bei max. Schaltleistung:	$2 \cdot 10^6$ Schaltspiele
Spannungsausgang:	0 ... 10 V in 15 Stufen
Ausgangswiderstand:	≦ 570 Ω
(Ausgang kurzschlußfest)	
Statische Kennwerte:	
— obere Endlage:	von 5. bis 15. Stufe einstellbar
— untere Endlage	0. Stufe
Dynamische Kennwerte:	
— Stellzeit T_y:	60 s bis 180 s, stetig einstellbar
— Anfahrverhalten:	Rückstellen des Ausgangssignales auf untere Endlage beim Einschalten bzw. bei wiederkehrender Spannung nach Netzausfall

Fehlerklasse:	
— Stellzeit	6%
— Stellungsanzeige	1,5%
Hilfsenergie:	
— Betriebsspannung:	± 24 V ± 20%
— Stromaufnahme:	≦ 210 mA
Konstruktive Ausführung:	
— EGS-Karteneinschub:	geschützt, C2, 80 × 120 × 240 mm³, TGL 25068/02
— Bausteinbreite:	80 mm
Bedien- und Anzeigeelemente auf der Frontplatte:	
— „T_y“:	Potentiometer für Stellzeitvorgabe
— „Q_0“:	Schalter für obere Endlage
— „H_0“:	Leuchtdiode, signalisiert obere Endlage
— „H_u“:	Leuchtdiode, signalisiert untere Endlage
Anschlußelemente:	2 EFS-Steckerleisten, indirekt, 30polig, 88 × 13,5 mm², TGL 29331/03

msr 7270

Dr.-Ing. *K. Thomas*, Leipzig[1])

Auslegung von Stelleinrichtungen auf der Basis von SI-Einheiten

Die Auswahl von Stellventilen auf k_V-Wert-Basis erfolgt in der DDR seit dem Jahre 1966. Etwas später wurde das sicher allen Projektierungsingenieuren bekannte „Berechnungsblatt für Stellventile" erarbeitet, das im wesentlichen die Bestimmung von Größe und Kennlinie der Stellventile nach TGL 21621 mit Membranstellantrieb nach TGL 21623 erlaubt.

Wenn sich auch das Entwicklungstempo auf stelltechnischem Gebiet von dem der informationsverarbeitenden Seite stark unterscheidet, so haben sich doch Änderungen im Bauprogramm der Stelleinrichtungen ergeben, und einige ergänzende Ausführungen (Leichte Baureihe, Zweiwege-Stellventile usw.) sind in das Angebot aufgenommen worden.

Neue Erkenntnisse konnten z. B. gewonnen werden zur Bestimmung der Größe, insbesondere zur Korrektur des k_V-Wertes bei zähen Förderstoffen und solchen mit besonderem Fließverhalten (nicht-Newtonsche Medien) sowie zur Gestaltung des statischen Übertragungsverhaltens bei diesen Betriebsbedingungen. Damit war zwangsläufig das Erarbeiten weiterer Auswahlverfahren für Stellventile verbunden [1]. In Weiterführung dieser Arbeiten wurden die bislang genutzten Berechnungsgleichungen zur Bestimmung von k_V dem Internationalen Einheitssystem (SI) zugänglich gemacht. Das Internationale Einheitensystem (SI) ist in der DDR das gesetzliche System der physikalischen Einheiten [2].

Diese wenigen Hinweise mögen genügen um deutlich zu machen, daß neue Arbeitsblätter zur Auswahl von Stelleinrichtungen dringend erforderlich waren. Diese werden hier erstmals auszugsweise vorgestellt. Sie sind als Arbeitsmaterial für den projektierenden Ingenieur gedacht und erlauben eine Berechnung der Stelleinrichtung auf der Basis von SI-Einheiten. Mit den weiteren Ausführungen sollen einige Erläuterungen zu den vorgelegten Arbeitsblättern gegeben werden. SI-Einheiten sind im amtlichen und rechtsgeschäftlichen Verkehr bei uns seit einigen Jahren im Gebrauch [3]. Bis zum 31. 12. 1979 waren neben den Si-Einheiten auch sogenannte SI-fremde Einheiten zugelassen, wie Pond für die Kraft oder kp/cm², mWS, at und Torr für den Druck. Mit dem o. g. Termin besteht nunmehr die Aufgabe der konsequenten Anwendung der SI-Einheiten und der Abschaffung bisher zugelassener SI-fremder Einheiten.

Für die Armaturenindustrie wird die Hauptschwierigkeit bei dem Übergang zum SI im Ersatz der Druckeinheiten (kp/cm², at, mWS, Torr) durch die Einheit Pascal (Pa) = Newton je Quadratmeter ($1\ N/m^2 = 1\ kgm^{-1}\ s^{-2}$) oder deren dezimale Vielfache zu erwarten sein. Neben dieser Einheit Pascal (Pa) ist die Einheit Bar (bar) als befristete Einheit weiterhin gültig. Für ihren Verbleib oder ihre Abschaffung stehen entsprechende internationale Beschlüsse noch aus. Damit stehen das Pascal und das Bar als Druckeinheit zur Verfügung. Für die Umrechnung der Einheiten bei Inkaufnahme eines Fehlers von 2% (Beschleunigung) gilt: 1 bar = 0,1 MPa (= 1 kp/cm²). Zweckmäßig erscheint, daß für den bisher in der Armaturenindustrie gebräuchlichen Nenndruck der Zahlenwert bei der Einheit bar beibehalten wird (PN 16, PN 40). Für alle anderen Angaben, wo der Druck eine Rechengröße ist, sollen die Einheit Pascal (Pa) oder deren dezimale Vielfache (MPa) verwendet werden. Solange noch kein Gerätesystem mit der Skalenteilung in SI-Einheiten zur Verfügung steht, erscheint es bei der Größe Druck ausreichend, wenn für 1 kp/cm² = 0,1 MPa geschrieben wird. Bei dem gleichen Umrechenfaktor wurden die k_V-Wert-Gleichungen unter Gliederungspunkt 1.4. der Arbeitsblätter bestimmt, so daß hier keine Ungenauigkeiten zu erwarten sind.

Die Arbeitsblätter wurden so angelegt, daß Ergänzungen im Bauprogramm jederzeit berücksichtigt werden können. Schwierigkeiten bestehen u. a. in einer einheitlichen Bezeichnungsweise der einzelnen Ausführungen. Hier wurde mitunter abweichend von den Angaben des Herstellers der Versuch unternommen, eine bestimmte Systematik einzuhalten.

Änderungen zu dem Zahlenmaterial bei Zweiwege-Stellventilen sind zu erwarten, da die experimentell-theoretischen Untersuchungen auf diesem Gebiet noch nicht abgeschlossen erscheinen. Für solche Auslegungen sollte verstärkt Rückfrage beim Hersteller erfolgen.

Eine Lücke im Antriebssystem konnte durch die Variante „Membranstellantrieb mit reduziertem Hub" geschlossen werden. Die dadurch erreichbaren größeren Vorwahl-Differenzdrücke, vor allem in Einsitzausführung und „Ventil geschlossen" bei Ausfall der Hilfsenergie, sind Forderungen der Anwender. Soweit keine Auf/Zu-Funktion vorliegt, sind diese Antriebe mit Positioner einzusetzen.

Keine verbindlichen Angaben, die den Projektierungsingenieur bei der Auswahl von Stelleinrichtungen neben den rein bautechnischen Daten interessieren würden, können gemacht werden zu:

- Kriterien zum Positionereinsatz
- Angaben über Zeitkonstanten und Zuverlässigkeitskenngrößen der Stelleinrichtungen.

Auf die Darstellung hydraulischer Antriebssysteme in Kombination mit Stellventilen wurde in den Arbeitsblättern wegen der bisher geringeren Einsatzfälle verzichtet.

Wegen des zu großen Umfanges wird auf eine geschlossene Darstellung aller Arbeitsblätter verzichtet. Dies betrifft insbesondere das gesamte Tafelwerk, aus dem die Zuordnungen von k_{Vs}-Wert, Kennlinie, Nennweite, Stellhub, Vorwahldifferenzdruck usw. zu entnehmen sind.

Mit Erscheinen dieses Beitrages können Interessenten die „Arbeitsblätter zur Auswahl von Stellventilen" in einem Gesamtumfang von etwa 15 Seiten (Vervielfältigungen auf xerografischer Grundlage: A4-Positiv-Abzug, kein Mikrofilm) bei der Deutschen Staatsbibliothek, 1080 Berlin, Unter den Linden 8, bestellen. Dabei ist folgendes Kennwort anzugeben: „Thomas: Arbeitsblätter, msr 05/1980".

Literatur

[1] *Thomas, K.; Schilk, D.:* Auswahlmöglichkeiten und ein neuer Algorithmus zur Bestimmung von Stellventilen für zähe Flüssigkeiten. msr **21** (1978) H. 6, S. 332–336.

[2] TGL 31548: Einheiten physikalischer Größen.

[3] GBl. d. DDR II Nr. 59 (1967), S. 351: Verordnung über die physikalisch-technischen Einheiten.

[1]) Mitteilung aus der TH Leipzig, Sektion Automatisierungsanlagen.

Arbeitsblätter zur Auswahl von Stelleinrichtungen (Auszug)

Gliederung

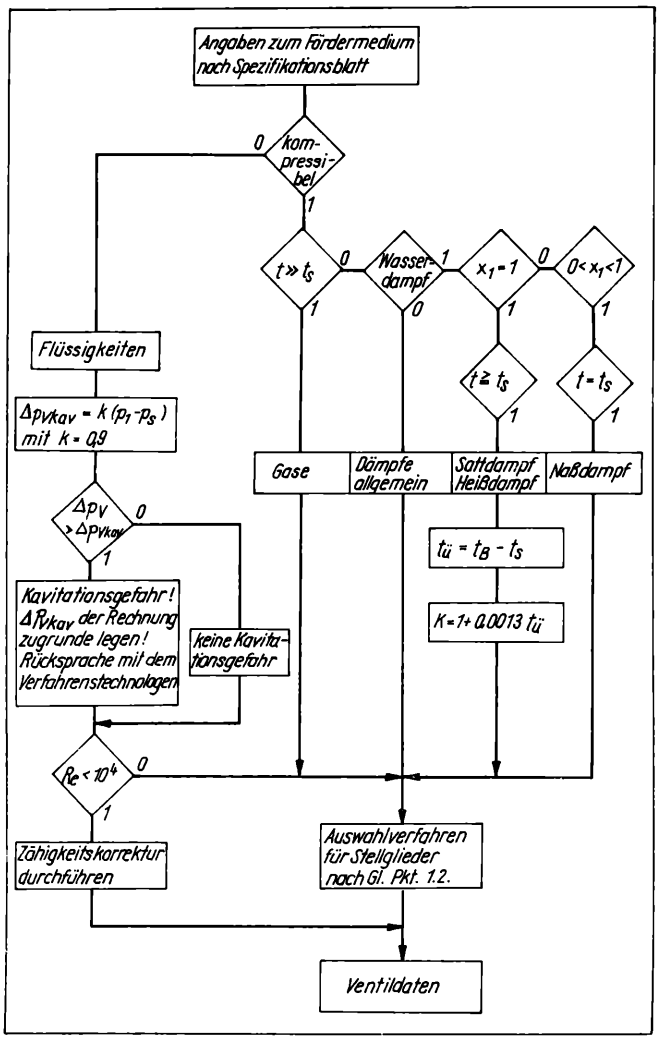
1. Auswahl des Stellgliedes
1.1. Ablaufplan
1.2. Verfahren zur Festlegung von Größe (k_{Vs}) und Kennlinie (linear, gleichprozentig, Polynom) der Stellventile
1.3. Hinweise zur Korrektur des k_V-Wertes
1.4. Gleichungen zur k_V-Wert-Berechnung
1.5. Diagramm für lineare und gleichprozentige k_V-Kennlinien
1.6. Stellventile nach TGL 21 621
Nennweite, k_{Vs}-Wert, Hub, Spindeldurchmesser
1.7. Zweiwege-Stellventile nach TGL 26 712
Nennweite, k_{Vs}-Wert, Hub, Spindeldurchmesser
1.8. Diagramm $k_V(y)$ für Polynomkennlinie TGL 28 887
1.9. Stellventil — Leichte Baureihe — TGL 28 887
Nennweite, k_{Vs}-Wert, Hub, Spindeldurchmesser
2. Auswahl der Stellantriebe
2.1. Ablaufplan
2.2. Ausführungsvarianten der Stellglieder in Kombination mit Membranstellantrieben TGL 21 623
2.3. Tafeln für den Vorwahl-Differenzdruck Δp_V
— Stellglieder mit Membranstellantrieb —
2.4. Tafeln für den Vorwahl-Differenzdruck Δp_V
— Stellglieder mit elektrischem Schubantrieb —
2.5. Tafeln für den Vorwahl-Differenzdruck Δp_V
— Stellglieder TGL 21 621 mit Hebelaufsatz —
2.6. Tafeln für den Vorwahl-Differenzdruck Δp_V
— Zweiwege-Stellventile mit Membranstellantrieb —
3. Spezielle Ausführungen von Stellventilen
4. Bezeichnungsbeispiele
5. Verfahren zur Korrektur des k_V-Wertes
6. Allgemeine Hinweise

Formelzeichen und Einheiten

A_{DN}	m^2	Querschnitt der Nennweite
c	—	Konstante für die Zähigkeitskorrektur
C	$\left(\frac{MPa}{m^3h^{-1}}\right)^2$	Anstiegskonstante
d_{DN}	m	Nennweite des Ventils
k	—	Korrekturfaktor bei Kavitation
K	—	Korrekturfaktor für Heißdampf
k_V	m^3/h	Volumenstrom unter Einheitsbedingungen (Ventilkoeffizient)
k_{Vs}	m^3/h	Nennwert der Ventilserie bei y_{100}
k_Z	—	Korrekturfaktor für zähe Medien
$\dot{m}$	kg/h	Massestrom
$\dot{m}_x$	kg/h	Massestrom für Heißdampf
p_0	MPa	Gesamtdruckverlust von Strecke und Stellglied
p_1	MPa	Druck vor dem Ventil (abs.)
p_2	MPa	Druck nach dem Ventil (abs.)
p_s	MPa	Sättigungsdruck des Mediums bei t_B (abs.)
p_H	MPa	Hilfsluftdruck
Δp_L	MPa	Druckabfall über der Rohrleitung
Δp_V	MPa	Druckabfall über dem Ventil ($p_1 - p_2$)
Δp_v	MPa	Vorwahl-Differenzdruck
$\Delta p_{VKav.}$	MPa	Druckabfall über dem Ventil bei Kavitationsgefahr
Re	—	Reynolds-Zahl
$Re_{Sp.}$	—	Reynolds-Zahl, bezogen auf den Zustand im Spaltquerschnitt
$Re_ü$	—	Übergangs-Reynolds-Zahl, theoretisch
T	K	absolute Temperatur ($T = 273{,}15 + t$)
t_B	°C	Betriebstemperatur des Mediums vor dem Ventil
t_s	°C	Sättigungstemperatur des Mediums bei p_1
$t_ü$	°C	Überhitzungstemperatur
v_1	m^3/kg	spezifisches Volumen bei p_1
v_2	m^3/kg	spezifisches Volumen bei p_2; wenn $\Delta p_V \geqq \frac{p_1}{2}$, dann wird v_2 auf $\frac{p_1}{2}$ bezogen
$\dot{V}$	m^3/h	Volumenstrom (Flüssigkeiten)
$\dot{V}_N$	m^3/h	Volumenstrom im Normzustand (kompressible Medien)
x_1	—	Masseverhältnis von Phasengemischen bei p_1
y	mm	Stellhub
ζ	—	Widerstandsbeiwert
ν	$10^{-6}\frac{m^2}{s}$	relative Viskosität (c. St.)
ϱ	kg/m^3	Dichte
ϱ_N	kg/m^3	Dichte im Normzustand
ψ	—	relativer Druckabfall
r	—	Reynolds-Zahl-Verhältnis
DN	mm	Nennweite
PN	bar	Nenndruck

Ziffernindizes von 0 bis 100 bei k_V, $\dot{V}$, Δp, ζ und y beziehen sich auf den Hub in Prozent.

1.1. Ablaufplan zur Auswahl des Stellgliedes



1.2. Verfahren zur Festlegung von Größe (k_{Vs}) und Kennlinie (linear, gleichprozentig, Polynom) für Stellventile

1.2.1. Auswahl nach dem maximalen Stellbereich der k_V-Kennlinie

$y_h = y_{max} - y_{min} \rightarrow$ Maximum!

— Berechne mit Hilfe der Gleichung nach Pkt. 1.4. aus:

$\dot{V}_{max}$, $\Delta p_{V\,min} \rightarrow k_{V\,max}$

$\dot{V}_{min}$, $\Delta p_{V\,max} \rightarrow k_{V\,min}$

— $k_{V\,max}$, $k_{V\,min}$ bestimmen auf den Kennlinien $k_V(y)$ (Punkte 1.5. und 1.8.) den Stellbereich y_h

— Kennlinie mit $y_{h\,max}$ legt gleichzeitig den k_{Vs}-Wert fest.

Randbedingungen:

1. Lage des Stellhubes auf der Kennlinie $k_V(y)$

$70\% \leqq y_{max} \leqq 90\%$

$10\% \leqq y_{min}$

2. Für die Betriebsparameter Δp_V, $\dot{V}$ muß der Zusammenhang

$$p_0 = \frac{\Delta p_{V\,max} \cdot \dot{V}_{max}^2 - \Delta p_{V\,min} \cdot \dot{V}_{min}^2}{\dot{V}_{max}^2 - \dot{V}_{min}^2}$$

erfüllt sein.

1.2.2. Auswahl mit Hilfe des relativen Druckabfalles ψ

— Bei Vorliegen von nur linearen und gleichprozentigen k_V-Kennlinien:

$\psi \leqq 0{,}38 \rightarrow$ gleichprozentige k_V-Kennlinie

$\psi \geqq 0{,}38 \rightarrow$ lineare k_V-Kennlinie

— Mit Einsatz der Polynomkennlinie

$\psi \leqq 0{,}25 \rightarrow$ gleichprozentige Kennlinie

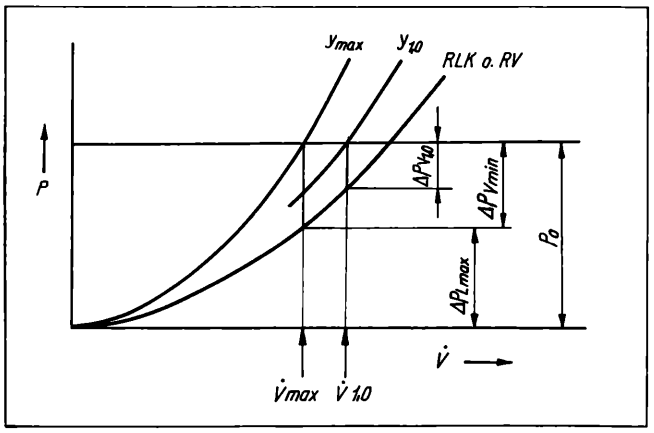
$0{,}25 \leqq \psi \leqq 0{,}65 \rightarrow$ Polynomkennlinie

$\psi \geqq 0{,}65 \rightarrow$ lineare Kennlinie

Anmerkung

Relat. Druckabfall:

$$\psi = \frac{\Delta p_{V\,1,0}}{p_0}$$



Näherung:

$$\psi^* = \frac{\Delta p_{V\,min}}{p_0}$$

Für Betriebsbedingungen, wo $\psi^* < 0{,}38$ ist, erübrigt sich die Bestimmung des wahren Wertes ψ. Ist $\Delta p_{V\,1,0}$ zur Bestimmung von ψ nicht bekannt, so kann dieser über

$$\dot{V}_{1,0} = \sqrt{\frac{p_0}{\varrho\left(\frac{1}{100\,k_{Vs}}\right)^2 + C}} \quad \text{mit} \quad C = \frac{\Delta p_{L\,max}}{\dot{V}_{max}^2}$$

zu

$$\Delta p_{V\,1,0} = \varrho\left(\frac{\dot{V}_{1,0}}{100 \cdot k_{Vs}}\right)^2$$

berechnet werden.

1.3. Hinweise zur Korrektur des k_V-Wertes

Die k_V-Wert-Gleichungen in Pkt. 1.4. beziehen sich auf den Förderstrom Wasser $\left(\nu \approx 10^{-6}\,\frac{m^2}{s};\ \Delta p_V = 0{,}0981\ MPa\right)$ bei voll turbulenter Strömung.

Hiervon abweichende Betriebsbedingungen erfordern eine Korrektur des k_V-Wertes, insbesondere bei:

— Förderstoffen mit überkritischer Entspannung

— überhitzten Dämpfen

— Verdampfung im Ventil

— Phasengemischen

— zähen Medien und solchen mit besonderen Fließeigenschaften (nicht-Newtonsche Medien)

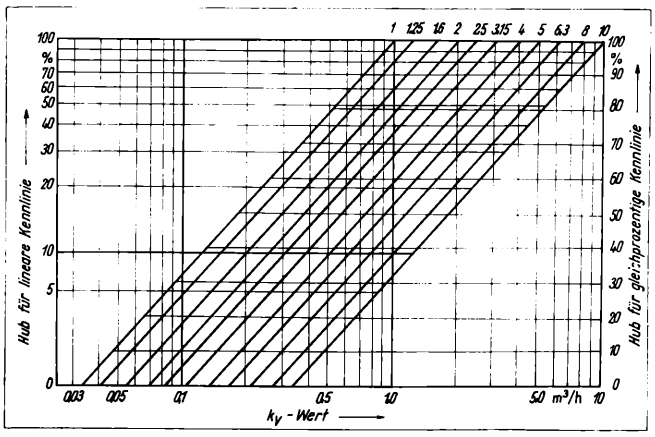
Verfahren zur Korrektur von k_V siehe Pkt. 5.

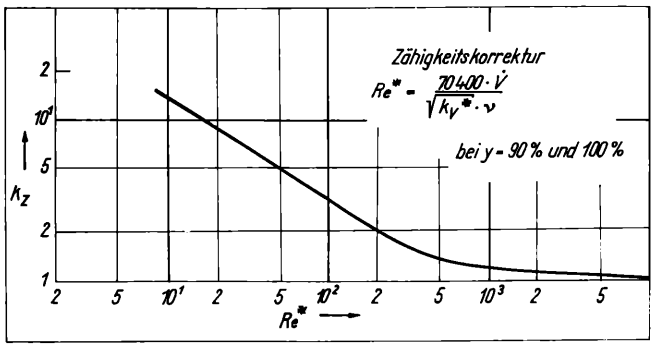
1.4. Gleichungen zur k_V-Wert-Berechnung

Tafel

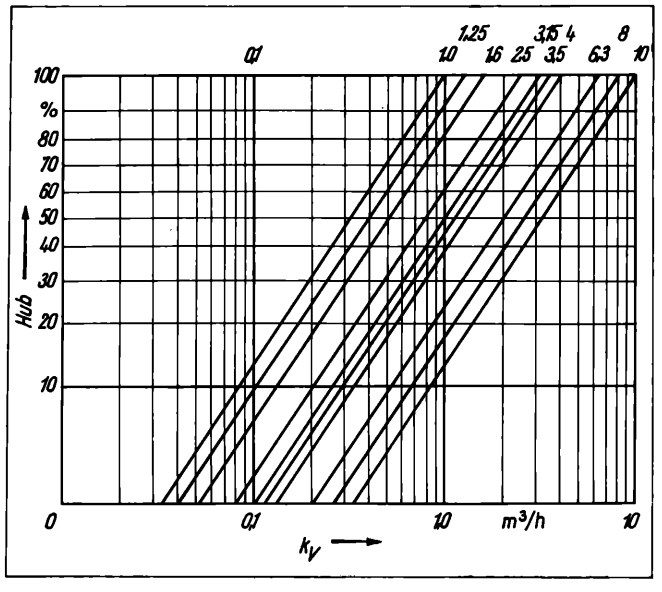
	k_V	
Druckabfall	$\Delta p_V < \frac{p_1}{2}$	$\Delta p_V \geqq \frac{p_1}{2}$
Flüssigkeiten	$\frac{\dot{V}}{100}\sqrt{\frac{\varrho}{\Delta p_V}}$	
Gase	$\frac{\dot{V}_N}{3640}\sqrt{\frac{\varrho_N \cdot T}{\Delta p_V(p_1 + p_2)}}$	$\frac{\dot{V}_N}{3140\,p_1}\sqrt{\varrho_N \cdot T}$
Dämpfe allgemein	$\frac{\dot{m}}{140{,}6}\sqrt{\frac{v_1 + v_2}{\Delta p_V}}$	$\frac{\dot{m}}{99{,}3}\sqrt{\frac{v_1 + v_2}{\Delta p_1}}$
Satt- und Heißdampf	$\frac{\dot{m}K}{158}\sqrt{\frac{1}{\Delta p_V(p_1 + p_2)}}$	$\frac{\dot{m}K}{137\,p_1}$
Naßdampf	$\frac{\dot{m}_x\sqrt{x_1}}{158}\sqrt{\frac{1}{\Delta p_V(p_1 + p_2)}}$	$\frac{\dot{m}_x\sqrt{x_1}}{137\,p_1}$

1.5. Diagramm für lineare und gleichprozentige k_V-Kennlinien

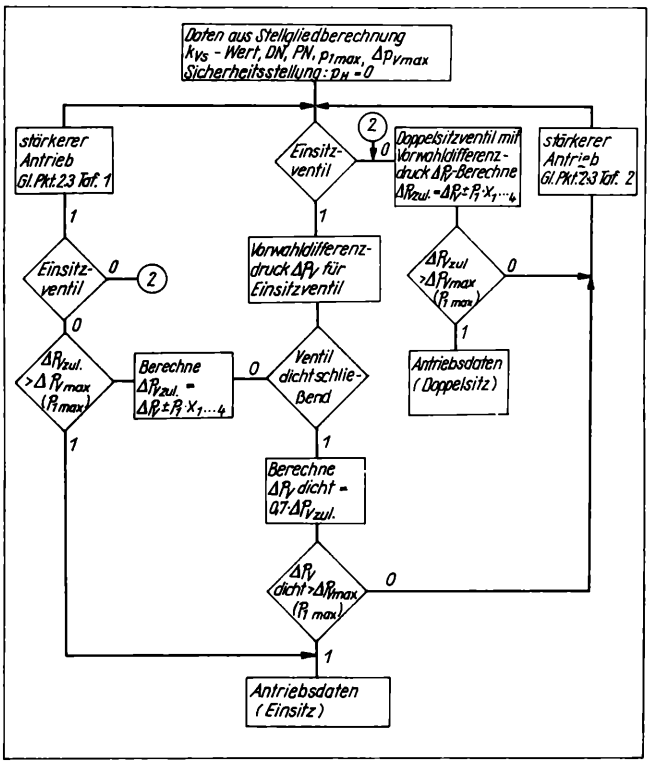




1.8. Diagramm $k_V(y)$ für Polynomkennlinie TGL 28887



2.1. Ablaufplan zur Auswahl der Stellantriebe



5. Verfahren zur Korrektur des k_V-Wertes

5.1. Verdampfungsgefahr bei Flüssigkeiten

Der Druckabfall Δp_V über dem Ventil darf den Wert

$$\Delta p_{V\,Kav.} = k(p_1 - p_s)$$

mit $k = 0{,}9$ (lt. Hersteller) nicht überschreiten.
Bei $\Delta p_V > \Delta p_{V\,Kav.}$ ist der k_V-Wert mit $\Delta p_{V\,Kav.}$ zu berechnen (sonst Kavitationsgefahr!)

5.2. Korrektur bei überhitzten Dämpfen (Heißdampf)

Siehe Gl. Pkt. 1.4. mit Faktor $k = 1 + 0{,}0013 \cdot t_ü$; $t_ü = t_B - t_s$.

5.3. Korrektur bei zähen Medien

Für zähe Medien sind lineare und Polynom-Kennlinien bevorzugt einzusetzen (nicht gleichprozentige!).

Voraussetzung: Richtige Zuordnung von Δp_V und $\dot{V}$ bei $y_{1,0}$ erforderlich. Berechnung von k_{Vs}:

$$k^*_{V\,1,0} = 100 \cdot \dot{V}_{1,0} \sqrt{\frac{\varrho}{\Delta p_{V\,1,0}}}$$

1. Berechne: $Re^* = \dfrac{70400 \cdot \dot{V}_{1,0}}{\sqrt{k^*_{V\,1,0} \cdot \nu}}$

2. Mit Hilfe der Korrekturkurve Pkt. 1.5. → k_Z

3. Erforderlich k_{Vs}-Wert: $k_{Vs} \triangleq k_{V\,1,0} = k_Z \cdot k^*_{V\,1,0}$

Überprüfung der Kennlinie:

4. Berechne: $Re_{k_{V\,1,0}} = 35{,}4 \cdot k_{Vs} \dfrac{\sqrt{\dfrac{\Delta p_{V\,1,0}}{\varrho}}}{\nu \cdot d}$

5. Mit $Re_{ü}$ aus Tafel 1. kann

$$r = \frac{Re_{k_{V\,1,0}}}{Re_{ü}}$$

bestimmt werden.

6. Überprüfe, ob (ψ, r) nach Tafel 2 ein zulässiges Wertepaar für die gewählte Kennlinie ist.

Tafel 1. Auswahlreihe für Übergangs-Reynolds-Zahlen $Re_{ü}$ und Konstanten c für Einsitzstellventile nach TGL 21621

NW	25		50		80
k_{Vs}, linear	3,15	8,0	12,5	31,5	31,5
c	0,89	0,535	0,668	0,535	0,855
$Re_{ü}$	150	200	260	310	155

Tafel 2. Zulässige Kombinationen von r und ψ

Reynolds-Zahlen-verhältnis	relativer Druckabfall ψ	
	lineare k_V-Kennlinie	Polynomkennlinie
$0 \leqq r \leqq 0{,}2$	$0{,}3 \leqq \psi \leqq 0{,}5$	$0{,}15 \leqq \psi \leqq 0{,}3$
$0{,}2 \leqq r \leqq 1{,}0$	$0{,}4 \leqq \psi \leqq 0{,}7$	$0{,}2 \leqq \psi \leqq 0{,}35$
$1{,}0 \leqq r \leqq 2{,}0$	$0{,}45 \leqq \psi \leqq 0{,}75$	$0{,}2 \leqq \psi \leqq 0{,}45$
$2{,}0 \leqq r \leqq 3{,}0$	$0{,}6 \leqq \psi \leqq 1{,}0$	$0{,}2 \leqq \psi \leqq 0{,}5$
$r \geqq 3{,}0$	$0{,}6 \leqq \psi \leqq 1{,}0$	$0{,}2 \leqq \psi \leqq 0{,}55$

5.4. Korrekturverfahren für sehr zähe Medien und solche mit besonderen Fließeigenschaften

Anmerkung

Mit diesem Verfahren wird für einen gewählten k_{Vs}-Wert mit Kennlinie der zu $\dot{V}_{100}$ gehörende Druckverlust $\Delta p_{V\,100}$ berechnet. Damit ist $k_{V\,100} \equiv k_{Vs}$ gewährleistet.

1. Berechne: $Re_{Sp} = 354 \dfrac{c \cdot \dot{V}_{1,0}}{\nu \cdot d_{DN}}$

2. Bestimme: $k_Z = \dfrac{12}{\sqrt{Re_{Sp}}}$ für $Re_{Sp} \leqq 10^2$

$k_Z \approx 1{,}2$ für $10^2 \leqq Re_{Sp} \leqq 10^3$

3. Berechne: $k^*_{Vs} = \dfrac{k_{Vs}}{k_Z}$

4. Berechne: $\Delta p_{V\,1,0} = 9{,}8 \cdot 10^{-4} \cdot \varrho \cdot \left(\dfrac{\dot{V}_{1,0}}{k^*_{Vs}}\right)^2$

5. Bestimme: $r = \dfrac{Re_{k_{V\,1,0}}}{Re_{ü}}$

mit

$$Re_{k_{V\,1,0}} = 1{,}12 \cdot 10^4 \cdot k_{Vs} \frac{\sqrt{\dfrac{\Delta p_{V\,1,0}}{\varrho}}}{d_{DN} \cdot \nu}$$

und $Re_{ü}$ aus Tafel 1

6. Bestimme: $\psi = \dfrac{\Delta p_{V\,1,0}}{p_0}$

Hierbei ist p_0 so zu wählen, daß (r, ψ) ein zulässiges Wertepaar in Tafel 2 ist.

6. Allgemeine Hinweise

6.1. Alle Stellventile und Auf/Zu-Ventile sind eingerichtet für den Aufbau von:

— Membranstellantrieben TGL 21623

— elektrischen Schubantrieben

— Hebelaufsätzen TGL 18262

— Kolbenstellantrieben TGL 21622/01

— elektrohydraulischen Stellantrieben TGL 21537/01

6.2. Einsatzklima für Stellventile gemäß TGL 9200/01

6.3. Tafel für den Zusammenhang von Nenndruck, zulässigem Betriebsdruck und Betriebstemperatur

PN	Werkstoff	Zulässige Betriebsdrücke in bar bei Betriebstemperatur[1])					
		120 °C	200 °C	300 °C	360 °C	400 °C	450 °C
16	GGL-20[2])	15,7	12,8	**12,8**	–	–	–
	GS-C25		15,7	14,3	12,3	9.4	4,7
40	GS-C25	39,3	39,3	35,8	30,4	23,6	11,8
	GS-18,10		36,9	31,4	26,7	**24,5**	–
100	GS-C25	98,1	98,1	89,3	76,5	**58,9**	29,4
	GS-18,10		95,5	78,5	67,7	**62,8**	–
250	GS-C25	245,3		209	**179,6**	–	–

[1]) –20 °C bis 100 °C: PN; [2]) nicht unter 0 °C einsetzen

6.4. Leckmengen:

— Doppelsitzventile: 0,5% vom k_{Vs}-Wert

— Einsitzventile: 0,1% vom k_{Vs}-Wert

Bei höheren Förderungen:

Leckmenge 0,001% von k_{Vs}, Bauart: RE, AZE
Leckmenge 0,01% von k_{Vs}, TGL 26712, TGL 21621 (Einsitz)

Hierbei gilt: $\Delta p_{V\,zul.} \geqq 0{,}7 \cdot \Delta p_V$

(Angaben beziehen sich auf Medium Wasser, $\Delta p_V = 0{,}1$ MPa, $\varrho = 10^3$ kg/m³)

6.5. Bei Bestellauslösungen sind vollständige Angaben lt. Spezifikationsblatt des Herstellers erforderlich.

6.6. Anschlußmaße der Ventilflansche in PN 16 entsprechen denen von PN 40 in DN 15 bis DN 80.
Auf Wunsch können bei Ventilen nach PN 40 die Flansche in DN 100/150/200 nach PN 16 und in DN 80/200 auch nach PN 10 gebohrt werden.

6.7. Besondere Beachtung ist der Auswahl von Werkstoff, Dichtungen und Packungen, insbesondere bei kritischen Einsatzbedingungen und Medien, wie Sauerstoff, Seewasser, Chlorgas usw. beizumessen (Rückfrage beim Hersteller ist sinnvoll!).

6.8. Technische Daten und Abbildungen dieser Arbeitsblätter sind unverbindlich, sie unterliegen nicht dem Änderungsdienst. Rückfragen und Rechtsauskünfte nur beim Hersteller einholen!

msr 7279

Dr.-Ing. *E. Flämig* und Dipl.-Ing. *W. Witke*, Dresden[1])

Eigenschaften von Thyristorstellgliedern

IA 3.2.3.2.

0. Einleitung

Die Arbeitsweise eines Thyristorstellgliedes veranschaulicht Bild 1. Im Aussteuerungsbereich des Thyristors wird die Eingangsspannung U_e mit einer Vergleichsspannung U_v verglichen. Zum Zeitpunkt der Gleichheit beider Spannungen werden dem Tyristor Zündimpulse zugeführt, und er wird leitend. Die dabei am Belastungswiderstand (Regelstrecke) während einer Halbwelle freiwerdende Wärmeenergie ist proportional dem Effektivwert der Spannung. Letzterer berechnet sich aus dem bekannten Phasenanschnitt:

$$U_{\mathrm{eff}} = \sqrt{\frac{U_{\mathrm{m}}^2}{T_0} \int_{f(\alpha_1)}^{\pi} \sin^2 u(t)\, \mathrm{d}t}\,.$$

Für einen verlustfreien Heizer ist die Temperatur dem Effektivwert der anliegenden Spannung proportional. Im folgenden werden die Abhängigkeit des Effektivwertes der Heizspannung von der Eingangsspannung des Reglers untersucht.

1. Phasenproportionales Stellverhalten

Mit Hilfe des Komparators K1 wird das sinusförmige 50-Hz-Signal in eine Rechteckspannung umgewandelt (Bild 2). In einem Integrator wird daraus eine linear ansteigende Spannung geformt, die danach ins Negative verschoben und als Vergleichsspannung dem Komparator K2 zugeführt wird. Das Ausgangssignal des letztgenannten Komparators wird zur Zündung des Thyristors verwendet, der damit einen linear von der Phasenlage der Netzspannung abhängigen Zündwinkel erhält. Der Effektivwert der Heizspannung in Abhängigkeit von einer linear ansteigenden Eingangsspannung U_e kann nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$U_{\mathrm{eff}_1} = \sqrt{\frac{U_{\mathrm{m}}^2}{T_0} \int_{\alpha}^{\pi} \sin^2 u(t)\, \mathrm{d}t}\,.$$

Bei Netzspannungsänderungen bleibt in diesem Fall der Phasenanschnittwinkel in den Grenzen der Ansprechspannung des Komparators K2 (etwa 10 mV) konstant.
Die Stellkennlinie ist im Bild 6a dargestellt.

2. Mittelwertproportionales Stellverhalten

Integriert man die sinusförmige Spannung am Ausgang des Transformators T_1, so erhält man als Vergleichsspannung eine dem arithmetischen Mittelwert einer angeschnittenen Halbwelle proportionale Größe (Bild 3). In Abhängigkeit von der Steuerspannung U_e erhält man am Lastwiderstand einen Effektivwert, der nach folgender Gleichung zu bestimmen ist:

$$U_{\mathrm{eff}_2} = \sqrt{\frac{U_{\mathrm{m}}^2}{T_0} \int_{\varphi}^{\pi} \sin^2 u(t)\, \mathrm{d}t}\,,$$

[1]) Mitteilung aus der AdW der DDR, Zentralinstitut für Kernforschung, Rossendorf.

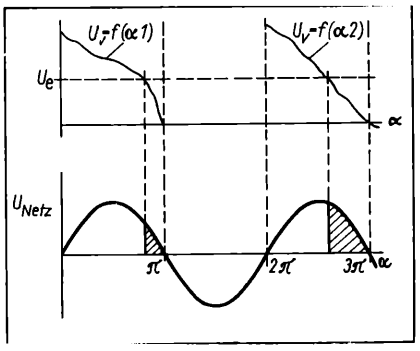


Bild 1
Arbeitsprinzip eines Thyristor-Stellgliedes

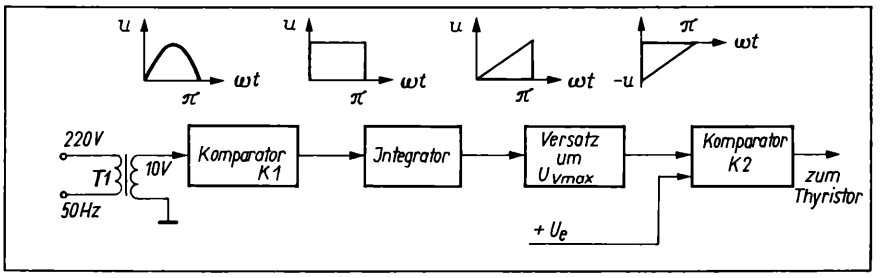


Bild 2
Signalflußbild für phasenproportionales Stellverhalten

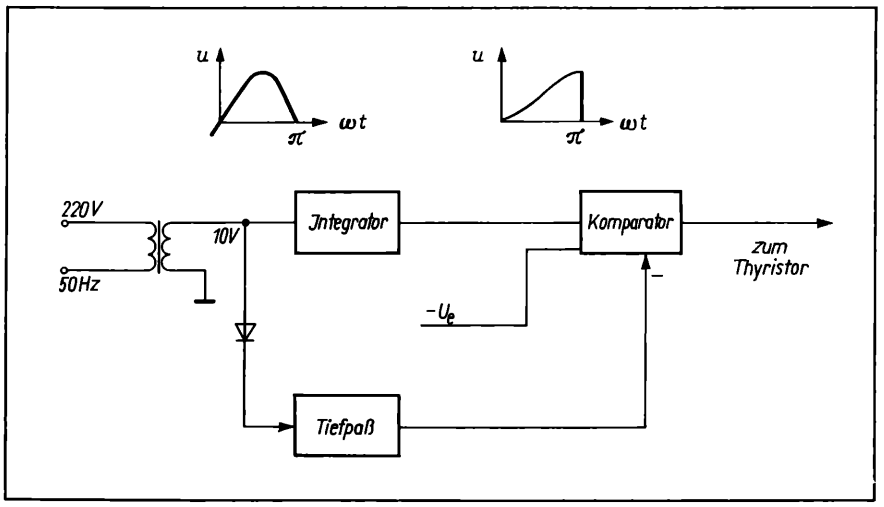


Bild 3
Signalflußbild für mittelwertproportionales Stellverhalten

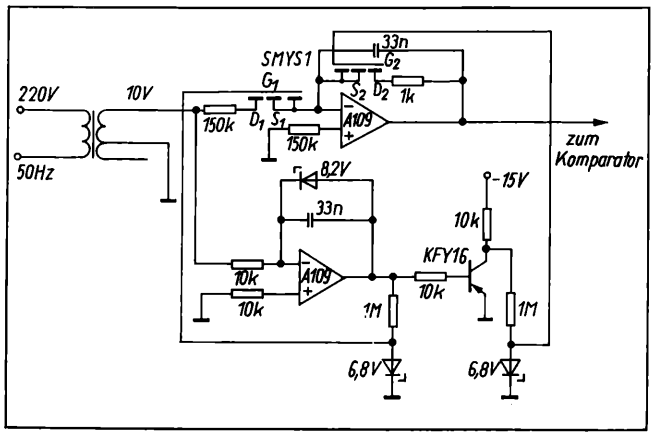


Bild 4. Integrator mit Ansteuerstufe

4. Temperaturregelsystem

Alle o. g. Stellverhalten können im Temperaturregelsystem TR 4349 des ZfK Rossendorf verwirklicht werden. Das TR 4349 dient zur Konstanthaltung von Temperaturen im Bereich von 50 bis 1300 °C für verschiedene Öfen, u. a. auch für Thermowaagen, zur Kristallzüchtung usw. Die erreichbare Konstanz beträgt $\pm 0{,}5$ K. Als Meßfühler werden normalerweise Pt-PtRh-Thermoelemente eingesetzt. Die Temperatur wird sowohl im Meßraum (Objekt) als auch unmittelbar neben der Heizspirale ermittelt. Die der Temperatur des Objektes proportionale Spannung wird über einen driftarmen Verstärker mit dem Sollwert verglichen (Bild 7) und gelangt danach an einen P- und einen I-Regler. Der Ausgang dieser Regler wird auf eine Mischstelle geführt, an der ebenfalls der Effektivwert der Heizspannung und die „schnelle" Ausgangsspannung der unmittelbar an der Heizung gelegenen Temperaturmeßstelle anliegen. Nach der Mischstelle wird das Ausgangssignal in einem zweiten P-Regler verstärkt und als Stellsignal für die Thyristoren verwendet, die entweder mit Phasenanschnitt oder bei Dreipunktverhalten im Vollwellenbetrieb arbeiten können. Der Ausgangsstrom kann bis 25 A je Phase betragen.

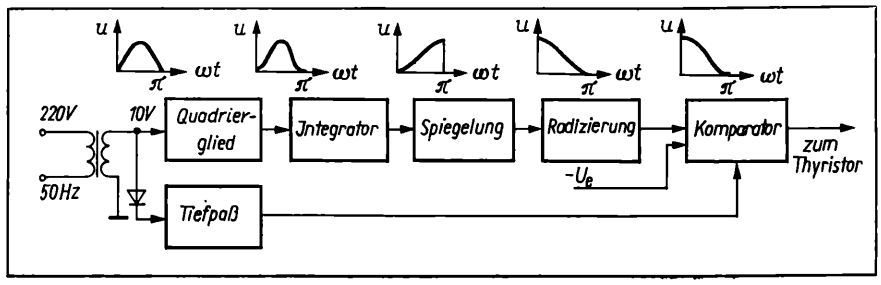


Bild 5
Signalflußbild für effektivwertproportionales Stellverhalten

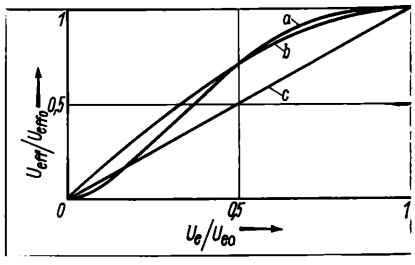


Bild 6. Kennlinien von Thyristorstellgliedern $U_{\text{eff}} = f(U_e)$
a phasenproportionales Verhalten; b mittelwertproportionales Verhalten; c effektivwertproportionales (lineares) Verhalten

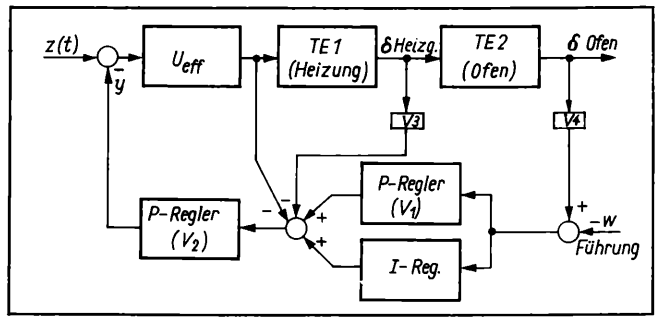


Bild 7. Signalflußbild des Temperaturreglers TR 4379

φ ist in diesem Falle:

$$\varphi = \frac{K}{T_0} \int_{\alpha}^{\pi} \sin u(t)\, \mathrm{d}t \,.$$

Gegen Netzspannungsschwankungen kann die Ausgangsspannung dadurch unempfindlicher gemacht werden, indem man dem Komparator die Grundwelle der Netzspannung über einen Tiefpaß zuführt. Die Schaltungsvariante für einen Thyristorzweig ist im Bild 4 vorgestellt, die entsprechende Stellcharakteristik im Bild 6b.

3. Effektivwertproportionales Stellverhalten

Für diesen Fall, bei dem man eine Heizspannung erhält, deren Effektivwert direkt proportional der Steuerspannung U_e ist, müssen weitere analoge Rechenglieder eingeschaltet werden (Bild 5).

Als Radizier- bzw. Quadrierglied kann ein 4-Quadranten-Multiplizierer Verwendung finden (z. B. ICL 8013). Als Stellcharakteristik erhält man dann eine Gerade (Bild 6c).

Zusammenfassung

Für Laboröfen mit hoher Temperaturkonstanz wurden spezielle effektivwertproportionale Thyristorstellglieder entwickelt.

Literatur

[1] *Ankel, Th., Haupt, K.:* Die Verbesserung der Regelfähigkeit eines Systems mit Hilfe der Kaskadenregelung. Regelungstechnik **6** (1958) H. 10, S. 361–366.
[2] *Pressler, G., Schreiner, F.:* Untersuchungen an Kaskadenregelkreisen. Regelungstechnik **12** (1964) H. 4, S. 164–170.
[3] Reihe „Angewandte Elektronik": Thyristor- oder Triac-Ansteuerung mit integrierten Nullspannungsschaltern. Funk-Technik **29** (1974) H. 15, S. 532–534; H. 16, S. 567–569; H. 17, S. 611 und 612.
[4] *Mummert, M.:* Schaltungen zur Ansteuerung von Thyristoren. Elektrie **25** (1971) H. 10, S. 399–406.
msr 7188

Dr.-Ing. *R. Wolf* und Dipl.-Ing. *K. Fiedler*, Magdeburg

Elektronische Schaltungen der Automatisierungstechnik (XXIII)[1)]

Kompensationsverfahren nach Poggendorf und Lindeck-Rothe zur leistungslosen Messung von Signalen

IA 4.0.

Als Verstärker werden häufig mit Standardschaltkreisen aufgebaute Schaltungen eingesetzt, z. B. mit den Schaltkreisen MAA 725, MAA 741. Für die Auswahl der Schaltkreise ist zu beachten, daß sie die Forderungen:

— geringes Rauschen

— geringe Offset-Drift

— hohe Übersteuerungsfestigkeit

— hohe Verstärkung

erfüllen müssen. Der Stabilisator dient zur Gewährleistung der erforderlichen Betriebsspannung. Die Größe des anschließbaren Lastwiderstandes bzw. Eingangswiderstandes der Folgegeräte ergibt sich aus der Differenz zwischen Versorgungsspannung U_B und minimaler Betriebsspannung für den Meßumformer bzw. die Endstufe:

$$R_{L\,max} \leqq \frac{U_B - U_{MU\,min}}{I_{a\,max}}. \qquad (6)$$

Bei dieser Meßumformervariante sind Verstärkerteil und Netzteil immer konstruktiv zusammenhängend angeordnet. Der DC-Meßumformer ist aus ökonomischen Gründen für geringe Genauigkeitsforderungen gedacht und verfügt über eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Zusatzgebrauchswerten. Hier einige Angaben zum ČSSR-Meßumformer A-PIS [16]:

Eingangssignale	10 ... 100 mV 0,1 ... 1 mA 10 ... 276 Ω
Nullpunktunterdrückung	50% des Meßbereiches
Eingangswiderstand	20 kΩ
Ansprechzeit	0,5 s
Ausgangssignal	0 ... 10 V 0 ... 20 mA 4 ... 20 mA
Belastungswiderstand	2,4 kΩ (10 V-Bereich) 500 Ω (20 mA-Bereich)
Fehlerklasse	0,6
Leistungsaufnahme	maximal 10 W
Temperaturzusatzfehler	0,4%/10 K
Umgebungstemperaturbereich	0 ... 70 °C
Lastabhängigkeit	0,1%/10%
Speisespannungsabhängigkeit	0,1%

Tafel 3. Offset- und Driftwerte von IC's

Kennwert	Dimension	A 109	MAA 725	MAA 741
Eingangsoffsetspannung	mV	7,5	1,5	≈4
TK der Eingangsoffsetspannung	µV/K	1,9	0,6	10
Eingangsoffsetstrom	nA	500	≈10	≈100
TK des Eingangsoffsetstromes	pA/K	—	≈100	160
Eingangsnullstrom	nA	1500	≈100	800

Bei der Verstärkung sehr kleiner Eingangsgrößen (Meßspannen ≦ 5 mV) sind die Offset- und Driftgrößen des einzusetzenden Verstärkers entscheidend. Sie verursachen eine Verschiebung des Nullpunktes, die sich als Fehler am Ausgangssignal des Gleichspannungsverstärkers bemerkbar macht. Tafel 3 gibt hierzu einige charakteristische Werte der Schaltkreise A 109, MAA 725, MAA 741 an (s. auch [11]).

Nehmen wir beispielsweise als Einsatztemperaturbereich −20 bis +80 °C an, so ergibt sich als Temperaturdrift der Eingangsoffsetspannung beim A 109: 190 µV, beim MAA 725: 60 µV und beim MAA 741: 1000 µV. Das ergibt, bezogen auf einen Eingangsmeßbereich von 0 ... 5 mV, Fehler von 1,2 ... 20% über den gesamten Umgebungstemperaturbereich bzw. einen driftbedingten Temperaturzusatzfehler von 0,12%/10 K ... 2%/10 K. Daran ist deutlich zu sehen, daß die Auswahl der wesentlichen Bauelemente die Güte des Gerätes bestimmt. Da bei kleineren Meßspannen die Fehler weiter ansteigen, sind Verbesserungen der technischen Parameter nur zu erreichen, wenn man eine Möglichkeit findet, eine weitestgehend driftunabhängige Verstärkung des Signals zu erreichen. Das Prinzip eines derartigen Gerätes ist im Bild 10 zu sehen. Das Eingangssignal wird nach dem Filter durch einen Modulator (Zerhacker) in eine Impulsfolge zerlegt. Die Information über die Eingangsgröße ist nach wie vor in der Amplitude enthalten, so daß es sich hier um eine Pulsamplitudenmodulation handelt. Ein nachfolgender Verstärker arbeitet als reiner Wechselspannungsverstärker und verstärkt das Eingangssignal (Verstärkung $v = 10^2 ... 10^4$). Die Driftgrößen und ihre Änderung haben den Charakter von Gleichgrößen, so daß sie hier nicht als Fehler auftreten können. Kritisch ist in dieser Beziehung nur der Modulator, dessen Drift für die Wandlung des amplitudenanalogen Eingangssignals in das pulsamplitudenmodulierte Signal eine Rolle spielt. Die erneute Wandlung in ein amplitudenanaloges Signal erfolgt mit Hilfe des Demodulators, der vom gleichen Generator wie der Modulator angesteuert wird. Nach dem Demodulator ist ein Tiefpaßfilter angeordnet, das als Mittelwertbildner wirkt.

Durch die Anwendung von Zerhackerverstärkern können driftbezogene Fehler um mindestens eine Größenordnung reduziert werden. Trotz aller Verbesserungen bei den integrierten Schaltkreisen konnte das AC-Verstärkerprinzip zugunsten des DC-Prinzips nicht entscheidend eingeschränkt werden. Eine weitergehende Behandlung dieser Thematik ist in [10] und [11] enthalten. Bei der Anwendung von elektrischen Meßumformern treten aufgrund der Projektierung und der anlagenbedingten Besonderheiten Störeinflüsse auf, die Fehler hervorrufen, die ein Vielfaches des Grundfehlers betragen können. Ursachen dafür sind:

— Versorgung von mehreren Meßumformern durch ein Speisegerät (Störungen durch elektrische Verkopplung)

— Verlegung von Starkstromkabeln in der Nähe von Meßleitungen (Auftreten von Schaltimpulsen mit Frequenzen von 50 Hz bzw. 100 Hz).

— Potentialdifferenzen zwischen Anlagenerde (Verbindung zum Meßumformer über Isolationswiderstand des Fühlers) und Ausgang des Meßumformers (Verbindung zum Erdpunkt über Isolationswiderstand der Ausgangsleitungen), die einen Stromfluß über den Meßumformer verursachen können.

Die geschilderten Ursachen werden in den Begriffen Gleichtakt- und Gegentaktstörungen zusammengefaßt. Gegentaktstörungen

[1)] Teil XXII erschien im Heft 11/1980.

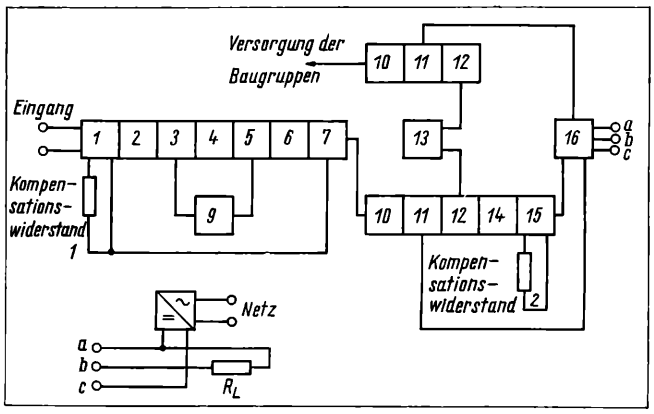


Bild 11. CMR-AC-Meßumformer

werden durch das Tiefpaßfilter nach der Meßbrücke am Eingang des Meßumformers unterdrückt. Für 50 Hz sind Unterdrückungs-, werte von 40 ... 50 dB üblich. Die Unterdrückung von Gleichtaktstörungen ist wesentlich schwieriger und läßt sich nur durch interne galvanische Trennung realisieren. Im Bild 11 ist die entsprechende Ausführung eines derartigen Meßumformers, der in der Fachliteratur auch unter den Namen CMR-Meßumformer und Trennmeßumformer bekannt ist, zu sehen. Der Meßumformerteil stellt einen kompletten AC-Meßumformer dar. Das Ausgangssignal wird zusätzlich über Übertrager getrennt (Modulator, Übertrager, Demodulator, Filter) und schließlich dem Ausgangssignalverstärker, der ebenfalls nach dem Prinzip der Lindeck-Rothe-Kompensation arbeitet, zugeführt. Zusätzlich ist — außer bei live-zero-Betrieb in Zweileitertechnik — eine Trennung des Speiseweges erforderlich, die auf die gleiche Weise erfolgt.

Bekannt sind auch andere Prinzipien [17], bei denen die Baugruppen Modulator, Demodulator, Generator und Filter nur einfach vorhanden sind. Sie haben aber fertigungstechnisch den Nachteil, daß keine baugruppenbezogenen Gerätevarianten möglich sind.

Die CMR-AC-Meßumformer sind Präzisionsgeräte, die allen bekannten Anforderungen in der Prozeßmeßtechnik genügen. In Tafel 4 wird in einigen ausgewählten Typen ein Überblick über die Eigenschaften von Trennmeßumformern oben beschriebener Ausführungsform gegeben.

2.2.2. Eigenschaften wesentlicher Baugruppen

Die moderne Schaltungstechnik bei elektrischen Meßumformern verwendet Standard-IC's und Hybridschaltkreise. Die Vorteile liegen dabei in der Baugröße, der Zuverlässigkeit und den technischen Eigenschaften (durch Verwendung von Schaltkreisen vermindern sich Temperaturzusatzfehler und Driftgrößen gegenüber diskret aufgebauten Schaltungen). Nachteilig ist, daß für live-zero-Meßumformer in Zweileitertechnik zur Zeit keine low-power-Schaltkreise zur Verfügung stehen. Hier läßt sich höchstens für den Generator ein CMOS-Schaltkreis einsetzen. Durch den Einsatz von Widerstandsnetzwerken lassen sich weiterhin die Abgleichbedingungen vereinfachen bzw. Abgleichpunkte entfallen.

2.2.2.1. Meßbrücke

Die Meßbrücke ist ähnlich der beim Poggendorf-Verfahren aufgebaut. Sie stellt eine modifizierte Wheatstonesche Brücke dar und wurde bereits in [13] beschrieben.

2.2.2.2. Modulator/Demodulator

Modulator und Demodulator werden entweder als Serien-Parallel-Zerhacker oder als Brücken-Zerhacker aufgebaut. Wegen ihrer kleinen Temperaturdrift eignen sich hier besonders Feldeffekttransistoren, wobei an die Bauelemente hohe Forderungen hinsichtlich der Kennliniengleichheit zu stellen sind. Brückenmodulatoren erfordern zusätzlich eine symmetrisch aufgebaute Eingangsschaltung des nachfolgenden Wechselspannungsverstärkers. Das heißt, daß handelsübliche Operationsverstärker-IC's in gegengekoppelter Schaltung nicht direkt an einen Brückenmodulator angeschlossen werden können. Zweckmäßigerweise ist immer auf eine gute thermische Kopplung der Einzelbauelemente zu achten.

Als Beispiel für die Schaltungstechnik ist im Bild 12 der Zerhackerverstärker des KMU [18], eines AC-Meßumformers, abgebildet.

2.2.2.3. Wechselspannungsverstärker

Für den Wechselspannungsverstärker ist als minimale Eingangsspannung 1 mV zu berücksichtigen. Die Ausführung kann in diskreter oder integrierter Form erfolgen. Im Bild 12 ist am Meßumformer KMU ein Beispiel für einen diskret aufgebauten Wechselspannungsverstärker gegeben.

In integrierter Technik ist es möglich, Verstärker zu verwenden, die eine Grenzfrequenz (mit Beschaltung) größer als die gewählte Modulationsfrequenz haben. Eine mögliche Schaltungsvariante ist im Bild 13 zu sehen.

Aufgrund der technischen Parameter ist der Schaltkreis MAA 741 besser für derartige Aufgaben geeignet und sollte bei höheren Forderungen eingesetzt werden. Nachteilig sind bei IC's die Notwendigkeit, bipolare Versorgungsspannungen zur Verfügung stellen zu müssen und die Größe des erforderlichen Speisestroms. Hierzu sind einige Daten in Tafel 5 zusammengestellt. Als Eingangsspannung wurde die maximale Differenzeingangsspannung angegeben. Der Speisestrombedarf liegt bei minimal 1,0 mA. Praktische Messungen haben dafür den Wert 0,6 bis

Tafel 4. Überblick über CMR-AC-Meßumformer

Eigenschaft	ETU 220	TEU 702	IN 21	Sineax 1V1	W 75
Meßspannen	2 ... 250 mV 1 µA ... 500 mA 8 ... 500 Ω	1 ... 100 mV 10 µA ... 50 mA 3,2 ... 250 Ω	> 10 mV > 20 µA > 10 Ω	5 ... 60 mV 10 µA ... 50 mA 10 ... 200 Ω	2 ... 500 mV 0,1 ... 50 mA 3,5 ... 300 Ω
Fehler	0,5% (ab 5 mV)	0,5%	0,2%	0,5%	0,5%
Temperaturzusatzfehler	0,2%/10 K	0,3%/10 K	0,08%/10 K	0,2%/10 K	0,2%/10 K
Umgebungstemperatur	−20 ... +50 °C	−25 ... +70 °C	−10 ... +60 °C	−30 ... +80 °C	−20 ... +65 °C
Einstellzeit	0,4 s	0,5 s		1 s	
Produzent	H & B	H & B	Keller	Camille Bauer	
Land	BRD	BRD	BRD	Schweiz	VR Polen
Informationsdatum	1978	1978	1977	1978	1975

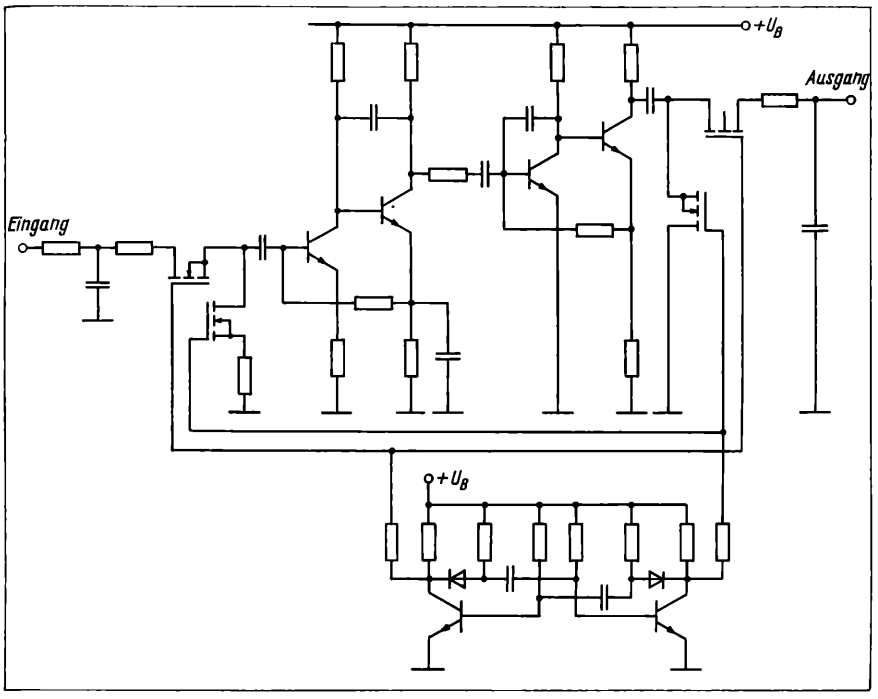


Bild 12. Zerhacker-Verstärker des Meßumformers KMU

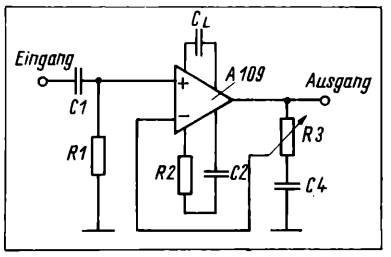


Bild 13. Wechselspannungsverstärker mit A 109

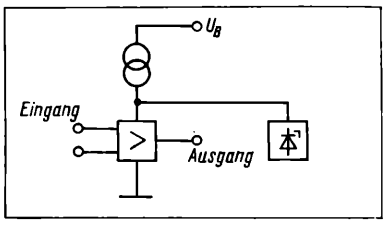


Bild 14. Stromversorgung von Operationsverstärkern mit Konstantstromquelle

0,9 mA geliefert. Bei Begrenzung des verfügbaren Speisestromes muß die Speisung beispielsweise über Konstantstromquellen erfolgen, wobei zu gewährleisten ist, daß die minimale Betriebsspannung ($\geqq \pm 3$ V) zur Verfügung steht. Bild 14 zeigt das Prinzip einer derartigen Stromversorgung.

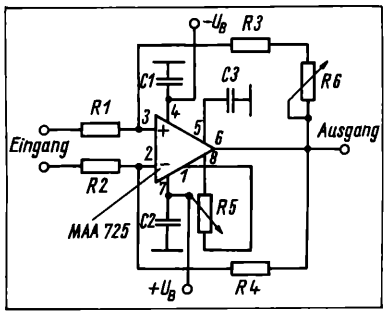


Bild 15
Gleichstromverstärker für einen DC-Meßumformer mit symmetrischem Eingang

2.2.2.4. Gleichstromverstärker

Bei der Betrachtung von Gleichstromverstärkern sind zwei Anwendungsfälle zu unterscheiden:

— Verwendung eines Gleichstromverstärkers im DC-Meßumformer (Bild 9)
Die von der Eingangsschaltung bereitgestellte Eingangsspannung (mV-Bereich) wird verstärkt und am Ausgang vorzugsweise als Stromsignal zur Verfügung gestellt. Einheitsspannungen am Ausgang des Meßumformers sind weniger gebräuchlich.

— Verwendung eines Gleichstromverstärkers im AC-Meßumformer
Der Gleichstromverstärker ist in der Schaltung hinter dem Demodulator angeordnet, so daß die Eingangsspannung je nach Realisierungsprinzip zwischen 0,1 und 1 V liegt. An die Stromausgangsstufe sind meist nur geringe Anforderungen hinsichtlich Offset, Drift und Rauschen zu stellen.

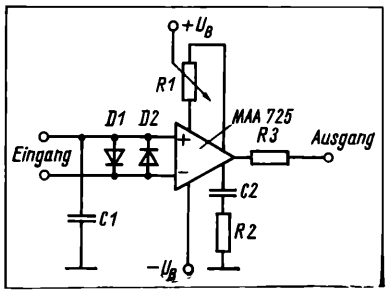


Bild 16
Gleichstromverstärker für einen DC-Meßumformer mit unsymmetrischem Eingang

Im Bild 15 ist als Beispiel ein Gleichstromverstärker für einen DC-Meßumformer angegeben. Eine andere Möglichkeit zeigt Bild 16.

Während beim Verstärker nach Bild 7 die Verstärkung mit R_1, R_3 und R_2, R_4 durch Gegenkopplung festgelegt wird und somit auch Verstärkervarianten ohne Kompensationskreis nach Lindeck-Rothe möglich sind, kann der Verstärker nach Bild 8 nur in Verbindung mit einem Kompensationskreis eingesetzt werden. Der Kondensator 0,1 µF dient zur Siebung der Eingangsgröße und der Widerstand 51 Ω (am Ausgang) zur Ausgangsstrombegrenzung. Die antiparallel geschalteten Dioden am Eingang sollen eine Übersteuerung des Verstärkers durch zu große Eingangssignale verhindern. Gleichstromverstärker für AC-Meßumformer sind in der Regel als Darlingtonstufen mit Vorverstärker ausgeführt, die wegen des geforderten Stromausgangssignals als Emitterfolger arbeiten. Bild 17 zeigt den Gleichstromverstärker des AC-Meßumformers EMU [19].

Tafel 5. Ausgewählte Eigenschaften integrierter Schaltkreise

Eigenschaft	Dimension	A 109	MAA 725	MAA 741
Betriebsspannung	V	±9 ... ±15	±3 ... ±22	±3 ... ±22
Speisestrom	mA	1,5 ... 2,4	—	1,0 ... 3,3
Eingangsspannung	V	≦ ±5	≦ ±20	≦ ±15 (bzw. U_B)
Eingangsstrom	nA	150 ... 650	50 ... 100	30 ... 500
Ausgangsspannung	V	±8 ... ±14	±2 ... ±13,5	±2 ... ±14
Ausgangsstrom	mA	±10	±5	±25
Spannungsverstärkung	—	(12 ... 30) · 10^3	(2,5 ... 10) · 10^5	2,5 · 10^4

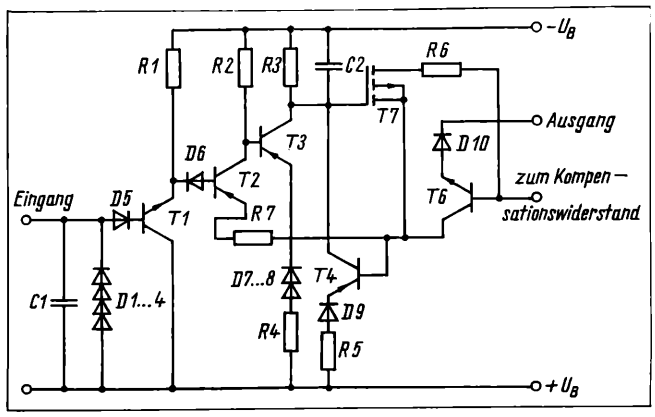


Bild 17. Gleichstromverstärker des Meßumformers EMU

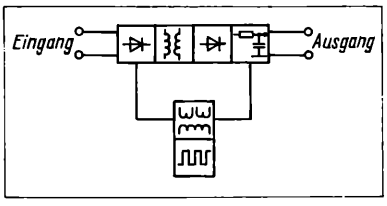


Bild 18
Prinzip der galvanischen Trennung durch Spannungsübertragung

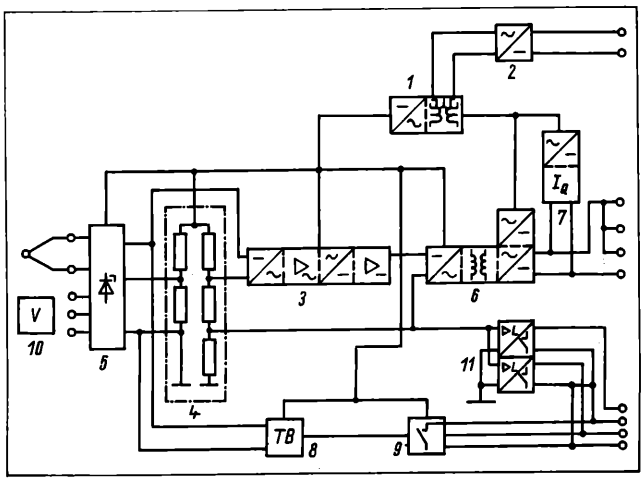


Bild 19. CMR-Meßumformer TEU 310 [22]

1 Netzteil; *2* Zerhacker für *24* V-Gleichspannungsspeisung; *3* Zerhackerverstärker; *4* Meßbrücke; *5* Sicherheitsbarriere; *6* Galvanische Trennstufe; *7* Ausgangsstufe; *8* Thermoelementbruchsicherung; *9* Meßkreissignalkontakt; *10* Vergleichsstellenkorrektureinheit; *11* Grenzwertmelder

2.2.2.5. Trennstufen für die galvanische Trennung

Das Prinzip der galvanischen Trennung beruht auf einer Unterbrechung des Gleichstromweges. Ausgeführt ist die Trennstufe für Spannungsübertragung in der Regel mit einer Transverterschaltung, deren Kernstück zwei Übertrager sind. Sie ist bei den Baugruppen Generator, Modulator Demodulator vergleichbar mit den entsprechenden Baugruppen des Zerhackerverstärkers. Im Bild 18 ist die Wirkungsweise erkennbar. Es sind auch Schaltungen mit Stromübertragung möglich. Für Modulator und Demodulator werden sowohl Transistoren [20] als auch Feldeffekttransistoren [21] eingesetzt. Die Übertrager sind kapazitätsarm auf hochpermeable Schalenkerne gewickelt. Je geringer die Wicklungskapazität ist, desto geringer ist auch die Durchgriffskapazität der Trennstufe, die durch die Beziehung $X_c = 1/\omega C_w$ das Isolationsvermögen der Trennschaltung

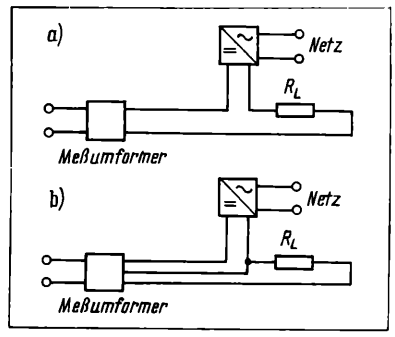


Bild 20
Live-zero-Betrieb (a)) und dead-zero-Betrieb (b)) von Meßumformern

für Wechselspannung bestimmt. Das Ergebnis wird immer auf eine Frequenz von 50 bzw. 100 Hz bezogen, da höhere Frequenzen in Anlagen nur selten mit einer Störungen verursachenden Amplitude auftreten. Der Übertrager hat ausgeprägtes Hochpaßverhalten, d. h. Gleichstörungen und Wechselstörungen im unteren NF-Bereich werden wirkungsvoll gedämpft. Für die Durchgriffskapazität erreicht man minimale Werte von 20 ... 100 pF, je nach Schaltungsauslegung und Fertigungsaufwand.

Ein ähnliches Prinzip der galvanischen Trennung verwendet [22] (Bild 19). Hier wird die Trennung zur Versorgung der Baugruppen (s. Bild 11) durch den geräteinternen Stromversorgungsteil mit übernommen. Die Frequenz dieser Trennvariante liegt bei 50 Hz, also auf der Netzfrequenz. Weitere Trennprinzipien haben sich nicht durchsetzen können. Das trifft insbesondere auf optoelektrische Koppler zu. Die Nachteile dieser Bauelemente sind:

- primärseitiger Energieverbauch zur Aussteuerung der Lumineszenzdiode (etwa 10 ... 20 mA)
- häufig eingeschränkter Temperaturbereich
- Kennlinienstreuung der Bauelemente fordert andere Übertragungsprinzipien bei der Signalübertragung (z. B. Pulsbreitenmodulation).

2.2.2.6. Stabilisator

Der Stabilisator hat die Aufgabe, den Ruhestrom des Meßumformers bei live-zero-Betrieb konstant auf dem Anfangswert 4 mA zu halten. Die Gesamtschaltung ist dabei so ausgelegt, daß der Speisestrom für den Meßumformer $\leqq$ 4 mA (z. B. 3,9 mA) beträgt. Die Stromdifferenz zwischen Speisestrom I_B und Signalstrom beim Ausgangssignal von 4 mA ($\triangleq$ 0% des Meßwertes; Meßbereichsanfang) kann durch den Stabilisator ausgeglichen werden. Zur Erklärung der Betriebsarten live zero und dead zero soll Bild 20 dienen. Beim live-zero-Betrieb in Zweileitertechnik (Bild 20a) fließen Speisestrom des Meßumformers und Signalstrom über zwei Leitungen. Als Speisestrom dient hier der Strom von 0 ... 4 mA, als Signalstrom der Strom von 4 ... 20 mA entsprechend den Festlegungen des Systems ursamat. Der Stabilisator sorgt dafür, daß der Meßumformer unabhängig von Toleranzen und vom Aussteuerungsgrad immer exakt 4 mA Speisestrom aufnimmt. Der vom Meßumformer nicht benötigte Strom wird bis zum 4 mA-Grundstrom durch den Stabilisator gegen Masse abgeleitet. Bild 20b zeigt den dead-zero-Betrieb eines Meßumformers in Dreileitertechnik. Signal- und Speiseweg haben eine gemeinsame Leitung. Auch in dieser Schaltungskonzeption ist die live-zero-Variante in Dreileitertechnik gebräuchlich. Die Dreileitervariante hat den Vorteil, daß höhere Lastwiderstände am Ausgang des Meßumformers möglich sind.

msr 7041 (Beitrag wird fortgesetzt)

Dipl.-Ing. *V. Fiala*, Prag[1])

Optimierung vorgesteuerter Druckventile

IA 4.0.5.5.; 4.6.

0. Einleitung

Im Staatlichen Forschungsinstitut für Maschinenbau Prag wurden in den letzten Jahren u. a. auch dynamische Eigenschaften hydraulischer Druckventile untersucht. Dabei hat sich die Anwendung hybrider Analogrechner sehr gut bewährt. Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, zuerst einfache, direktwirkende Ventile zu untersuchen [1]. Dabei wurden einige Methoden zur Simulation verschiedener Einflüsse (periodische Komponente des Öldrucks im Hydrogenerator oder in der Abfallrohrleitung usw.) erprobt, die ebenso für die Lösung vorgesteuerter Ventile anwendbar sind. Deshalb konnte die zweite Etappe besonders dem Verhalten vorgesteuerter Ventile gewidmet werden. Aufgrund der Simulationsergebnisse konnten die Parameter dieser Ventile optimiert werden.

1. Wirkungsweise vorgesteuerter Druckventile

Ein direktwirkendes Begrenzungsventil kann prinzipiell wie im Bild 1 dargestellt werden.

Der Kegel wird mit Hilfe einer Feder in den Kegelsitz gedrückt. Überwindet der auf die untere Kegelfläche wirkende Druck p_1 die Kraft der vorgespannten Feder, öffnet sich das Ventil. Der Öldruck kann daher einen vorgewählten Wert auf die Dauer nicht überschreiten. Da es sich jedoch um ein dynamisches System handelt (Masse, Feder, nichtlineare Steifigkeit des Kegelsitzes, Eigenschaften der strömenden Flüssigkeit), entsteht beim Öffnen des Ventils ein Übergangsprozeß, der gewöhnlich mit einer unerwünschten Drucküberschwingung verbunden ist. Für die heute angewandten hohen Drücke (30—50 MPa) ist bei einem direktwirkenden Ventil die Federkonstante so hoch, daß der Übergangsprozeß ungünstig verläuft. Um Abhilfe zu schaffen, wurden Konstruktionsvarianten mit Vorsteuerung der Ventile entworfen. Ein Beispiel wird im Bild 2 gezeigt.

In diesem System befindet sich ein Hauptventil mit der Masse m_1 sowie ein Steuerventil (Masse m_2). Durch Düsen mit den Düsenkonstanten K_1, K_2 können die Drücke p_1 (vor dem Hauptkegel), p_2 (über dem Hauptkegel) und p_3 (vor dem Steuerkegel) so abgestuft werden, daß zum Schließen des Hauptkegels nur eine geringe Vorspannung der weichen Feder c_1 genügt. Erreicht der Druck p_3 den Sollwert, öffnet sich das Steuerventil, dessen kleine Masse gute dynamische Eigenschaften hat. Dadurch fallen die Drücke p_2 und p_3 plötzlich ab und die weiche Feder c_1 öffnet das Hauptventil. Auf diese Weise kann — bei einer günstigen Kombination der einzelnen Parameter — die Drucküberschwingung wesentlich herabgesetzt werden. Zur Bestimmung der besten Parameterkombination wurde eine hybride Simulation angewandt.

2. Mathematische Beschreibung des Systems; Entwurf des Analogschaltbildes

Der im Bild 2 angegebenen Anordnung entspricht das folgende Gleichungssystem:

$$m_1\ddot{h}_1 = -\delta_1\dot{h}_1 - \gamma_{10}\dot{h}_1 - \varepsilon_1 \operatorname{sgn}\dot{h}_1 - \vartheta_1\frac{h_1\dot{p}_1}{\sqrt{p_1}} - c_1h_1 - c_1h_{1p} - \sigma_{11}h_1p_1 - F_1p_1 - F_{11}p_2 - c_1^*L_1h_1\,, \quad (1)$$

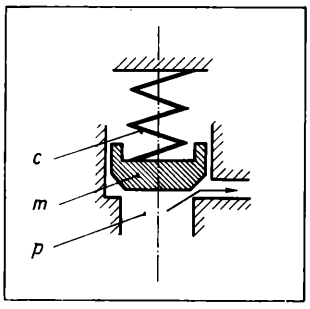


Bild 1
Direktwirkendes Ventil

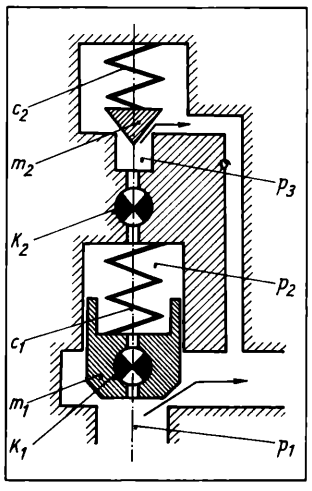


Bild 2. Ventil mit Vorsteuerung

$$m_2\ddot{h}_2 = -\delta_2\dot{h}_2 - \gamma_{20}\dot{h}_2 - \varepsilon_2 \operatorname{sgn}\dot{h}_2 - \vartheta_2\frac{h_2\dot{p}_3}{\sqrt{p_3}} - c_2h_2 - c_2h_{2p} - \sigma_{21}h_2p_3 - F_2p_3 - c_2^*L_2h_2\,, \quad (2)$$

$$h_i < 0 \ldots L_i = 1\,,$$

$$h_1 \geqq 0 \ldots L_i = 0\,,$$

$$\frac{1}{\lambda_1}\dot{p}_1 = -k_{10}\sqrt{p_1} - k_{11}h_1\sqrt{p_1} - K_1\sqrt{p_1 - p_2} - F_1\dot{h}_1 - Q_H\,, \quad (3)$$

$$\frac{1}{\lambda_2}\dot{p}_2 = K_1\sqrt{p_1 - p_2} - F_{11}\dot{h}_1 - K_2\sqrt{p_2 - p_3}\,, \quad (4)$$

$$\frac{1}{\lambda_3}\dot{p}_3 = K_2\sqrt{p_2 - p_3} - F_3\dot{h}_2 - k_{20}\sqrt{p_3} - k_{21}h_2\sqrt{p_3}\,. \quad (5)$$

Die im Gleichungssystem (1) bis (5) auftretenden Veränderlichen und Konstanten haben folgende Bedeutung:

h_1, h_2	Weg des Hauptkegels bzw. Steuerkegels
δ_1, δ_2	Dämpfungsfaktor
m_1, m_2	Masse des Hauptkegels bzw. Steuerkegels
ε_1, ε_2	Reibungsfaktor
c_1, c_2	Federkonstante
c_1^*, c_2^*	Steifigkeit der Kegelsitze
h_{1p}, h_{2p}	Vorspannungen der Feder
γ, ϑ	Faktor der nichtstationären Komponente der hydrodynamischen Kraft
σ	Faktor der stationären Komponente der hydrodynamischen Kraft
F_1	untere Fläche des Hauptkegels
F_{11}	obere Fläche des Hauptkegels

[1]) Mitteilung aus dem Staatlichen Forschungsinstitut für Maschinenbau Prag-Běchovice.
Fachlich-redaktionelle Bearbeitung durch Prof. Dr. *W. Krug*, IH Köthen.

F_3	Fläche des Steuerkegels
p_1, p_2, p_3	Druck unter dem Hauptventil, über dem Hauptventil, unter dem Steuerventil
$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$	Deformationswiderstand der Flüssigkeit in den geschlossenen Räumen des Ventils und der Leitung
K_1, K_2	Düsenfaktor
$k_{10}, k_{11}, k_{20}, k_{21}$	Strömungsfaktor
Q_{H}	die vom Hydrogenerator gelieferte Ölmenge

Da die Zeitfunktionen $h, \dot{h}, \ddot{h}, p, \dot{p}$ in einem Analogrechner durch entsprechende Zeitverläufe elektrischer Spannungen ersetzt werden, ist es zweckmäßig, die Größe aller Komponenten im Gleichungssystem durch Amplituden- und Zeittransformation zu einer vergleichbaren Größe umzurechnen. Dazu wurde — ähnlich wie bei [1] — ein Hewlett-Packard-Tischrechner 9830 A eingesetzt. Da jedoch bei einem vorgesteuerten Druckventil das Gleichungssystem wesentlich umfangreicher ist als das in [1] beschriebene, beträgt nunmehr das Programm mehr als 150 Zeilen. Es werden die vorgeschriebenen Konstanten sowie die abgeschätzten Zeit- und Amplitudenmaßstäbe eingegeben, aufgrund dieser Daten die Potentiometerwerte berechnet und diese auf Wunsch durch den Schnelldrucker ausgedruckt. Weiterhin werden direkt in diesem Programm die von den mechanischen Abmessungen abhängigen hydraulischen Koeffizienten γ, ϑ, σ berechnet, deren Größen beim vorher angewandten Verfahren durch separate Berechnungen ermittelt werden mußten. Ebenso wie bei der Simulation einfacher direktwirkender Ventile hat sich diese Kopplung eines HP-Tischrechners und eines MEDA-Analogrechners als besonders zweckmäßig und vorteilhaft erwiesen.

Als Grundlage des Entwurfs des Analogschaltbildes dienten die Gleichungen (1) bis (5). Für die Schaltung desselben wurde die volle Kapazität des Rechnerpaares MEDA 41 TC—MEDA 40 TA benötigt. Der Rechner MEDA 40 TA enthielt praktisch nur Hilfskreise, wie Multiplizierer, Summierer, einige Potentiometer. Der wichtigste Teil des Programms, wie z. B. Integrierer, Summierer, 4 Multiplizierer und einige logische Elemente, wurden im Rechner MEDA 41 TC gesteckt. Die Schaltung enthält einige nichtlineare Funktionen $\left(h_1 p_1;\ \frac{h_1 p_1}{p_1};\ \sqrt{p_1};\ \sqrt{p_1 - p_2}\right)$, deren Simulation keine besonderen Schwierigkeiten verursacht. Außerdem muß noch eine sehr starke nichtlineare Funktion programmiert werden, um die Steifigkeit der Kegelsitze bei geschlossenem Haupt- oder Steuerventil nachzubilden. Es wird dabei vorausgesetzt, daß bei freier Bewegung des Kegels nur die Federkonstante und einige hydraulische Faktoren den Weg des Kegels beeinflussen. Dagegen wirkt beim Anschlag des Kegels in den Kegelsitz oder vor dem Öffnen des geschlossenen Ventils noch die Steifigkeit des Kegelsitzes mit, die etwa um 2 bis 3 Größenordnungen höher liegt als die Federkonstante. Außerdem ist die Eigenfrequenz des Steuerventils etwa 15mal höher als die des Hauptventils, so daß die Ansprüche auf das Frequenzband relativ hoch sind. Die Deformation des Kegelsitzes bei geschlossenem Ventil beträgt nur einige Mikrometer; dieser geringe Wert muß jedoch möglichst genau simuliert werden, da seine Größe den Anfang des Übergangsprozesses wesentlich beeinflussen kann.

3. Simulationsverfahren und Ergebnisse

Alle in [1] angegebenen Lösungsmethoden können ebensogut auch für vorgesteuerte Ventile angewandt werden. Da jedoch für den Praktiker die sogenannte Stoßprüfung als einfachstes

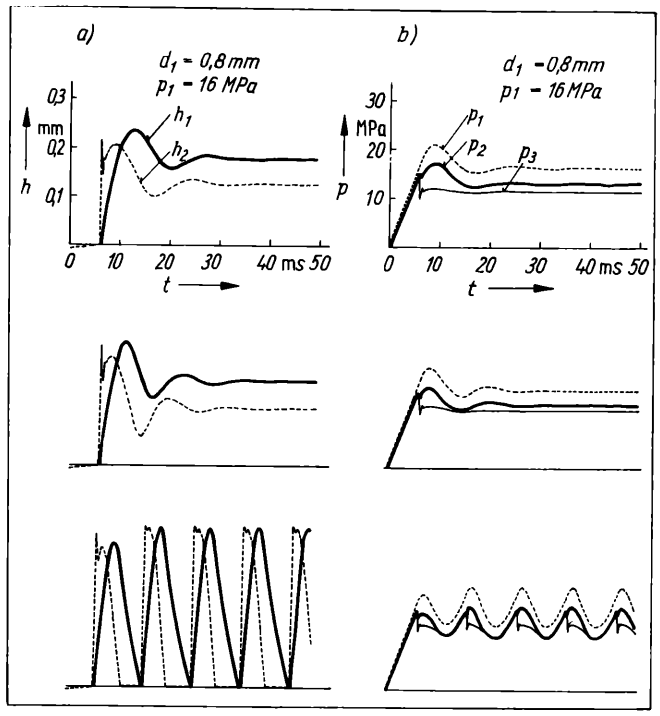


Bild 3. Einfluß der Düsenfaktoren K_1 und K_2
a) Weg des Hauptkegels (h_1) und Steuerkegels (h_2); b) Drücke p_1, p_2, p_3

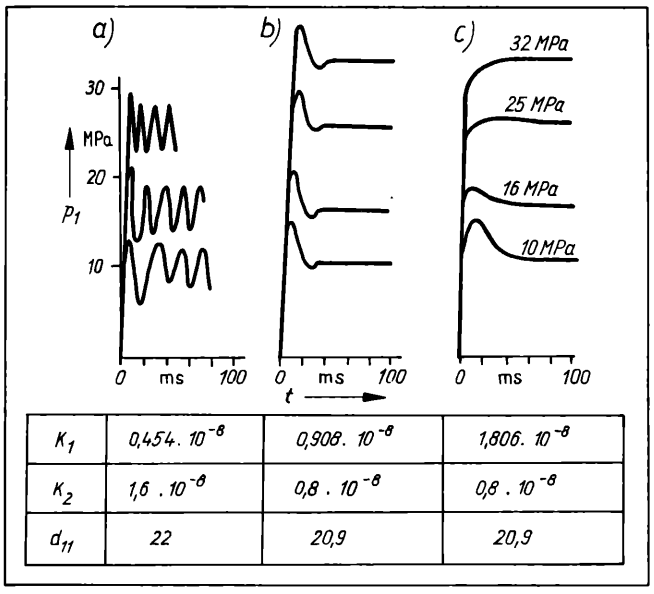
und dabei zuverlässiges Kriterium zum Beurteilen eines Ventils dient, wurde auch bei der Simulation praktisch ausschließlich diese sprungförmige Änderung des Eingangssignals (Strom Q_{H}) zwischen Null und Nennwert benutzt. Dabei wurden die Übergangsverläufe der Wege h_1, h_2 und der Drücke p_1, p_2, und p_3 durch zwei X-Y Schreiber registriert.

Im Verlauf mehrerer Monate wurden einige Ventiltypen verschiedener Hersteller simuliert. Dabei wurden selbstverständlich auch verschiedene Konstanten im Gleichungssystem geändert, um die Einflüsse einzelner Konstruktionsänderungen festzustellen. Zur Aufnahme einer neuen Variante ist nur ein Verstellen eines oder mehrerer Potentiometer erforderlich; eine Änderung des Kegelsitzwinkels oder des Kegeldurchmessers wäre bei einer versuchstechnischen Messung bzw. Untersuchung eines konkreten Ventils viel schwieriger und aufwendiger.

Das Nachklingen eines Übergangsprozesses dauert gewöhnlich etwa 20—100 ms. Die Simulation verläuft nach einer Zeittransformation 1:500, so daß je Minute einige Diagramme aufgezeichnet werden können.

Die dynamischen und statischen Kennlinien eines Ventils können am einfachsten durch die Düsenabmessungen geändert werden. Der gemeinsame Einfluß beider Düsenfaktoren K_1 und K_2 ist im Bild 3 dargestellt. Bild 3a zeigt den Weg des Hauptkegels (h_1) und des Steuerkegels (h_2); im Bild 3b sind die Drücke p_1, p_2 und p_3 aufgezeichnet. Man erkennt, daß z. B. die Kombination einer großen Düse des Steuerventils mit einer kleinen Hauptdüse selbsterregte Schwingungen zur Folge hat. Durch die harten Anschläge des Steuerkegels in den Kegelsitz werden beide stark beschädigt, so daß diese Kombination nicht anwendbar ist. Bei den stabilen Verläufen ist sehr gut der Zusammenhang zwischen dem Öffnen des Steuerventils und dem Abfall des Druckes p_3 sichtbar. Die Düsenkonstanten K_1 und K_2 beeinflussen auch die Druckdifferenzen $p_1 - p_2$ und $p_2 - p_3$ nach dem Übergangsprozeß; von dieser Druckdifferenz ist auch der Verlauf der statischen Kennlinie abhängig.

Wie in Abschn. 1. angedeutet, kompensiert sich der auf den unteren Querschnitt wirkende Druck p_1 mit dem Druck p_2. Man kann sogar den oberen Querschnitt des Kegels größer als den



K_1	$0{,}454 \cdot 10^{-8}$	$0{,}908 \cdot 10^{-8}$	$1{,}806 \cdot 10^{-8}$
K_2	$1{,}6 \cdot 10^{-8}$	$0{,}8 \cdot 10^{-8}$	$0{,}8 \cdot 10^{-8}$
d_{11}	22	20,9	20,9

Bild 4. Einfluß der Flächenungleichheit
a) instabil; b) stabil mit Überschwingung; c) stabil ohne Überschwingung

unteren entwerfen, so daß ein flächenungleiches Ventil entsteht. Diese „Flächenungleichheit" hat — im Zusammenhang mit der Federkonstante c_1 — auch einen bedeutenden Einfluß auf die Eigenschaften des Ventils.

Im Laufe der Simulation wurden einige Male die Parameter geändert, welche die Berechnung einer Reihe mathematischer Ausdrücke im Gleichungssystem beeinflussen; der Übergangsprozeß blieb jedoch praktisch gleich, da sich die Einflüsse gegenseitig kompensieren. Das trifft z. B. für die Änderung des Steuerkegelwinkels φ_2 zu. Die Konstanten λ_1, λ_2 und λ_3 in den Gleichungen (3) bis (5) drücken den Deformationswiderstand des Öls im geschlossenen Raum aus. Obgleich diese Konstanten in den betreffenden Gleichungen völlig analog vorkommen, ändert λ_2 die Eigenschaften des Ventils in völlig anderer Weise als λ_1, wogegen λ_3 ohne Einfluß bleibt. Dis bisher beschränkten Möglichkeiten eines sofortigen Vergleiches zwischen Simulationsresultaten und Meßergebnissen an konkreten Ventilen zeigen eine gute Übereinstimmung.

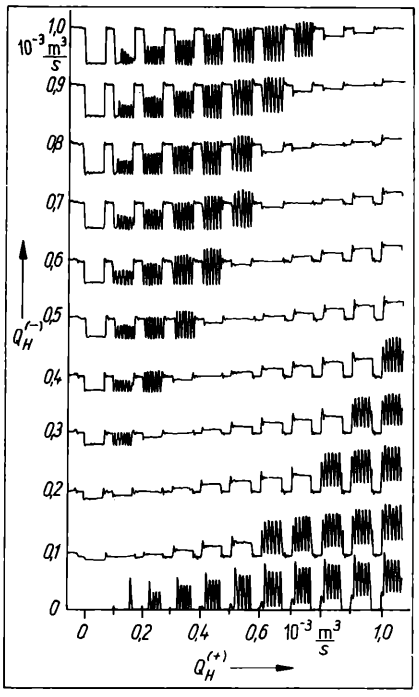


Bild 5
Ergebnisse bei Ölmengenänderung

Bei hybrider Simulation entspricht dem Begriff „Optimierung" gewöhnlich eine systematische Änderung eines oder mehrerer Parameter, die eine optimale Erfüllung eines Kriteriums zur Folge hat. Bei der Simulation vorgesteuerter Ventile kommt eine Reihe von Parametern in Frage, die mehrere Eigenschaften des Ventils beeinflussen (z. B. die Steilheit des Druckanstieges; Drucküberschwingung bei verschiedenen Werten des geregelten Druckes; Neigung zu selbsterregten Schwingungen; Verlauf der statischen Kennlinie). Dabei müssen selbstverständlich auch technologische Probleme, wie einfache Herstellung und Montage, berücksichtigt werden.

Es hat sich deshalb als zweckmäßig erwiesen, die Parameter einzeln zu ändern und die günstigsten Einflüsse zu kombinieren. Als Beispiel kann der gemeinsame Einfluß der Düsenfaktoren K_1 und K_2 und die Flächenungleichheit gezeigt werden (Bild 4). Die Variante 4a ist instabil und deshalb praktisch unbrauchbar; die beiden stabilen Varianten, 4b und 4c, unterscheiden sich durch den Wert K_1. Die absolute Überschwingung ist für die Variante 4b bei allen Sollwerten des geregelten Druckes p_1 (10; 16; 25; 32 MPa) fast konstant. Dagegen steigt bei Variante 4c die effektive Dämpfung mit der Größe des geregelten Drucks, und für $p_1 = 25$ MPa ist der Druckverlauf ideal, d. h. schneller Anstieg und keine Überschwingung.

Wie am Anfang dieses Abschnitts gesagt, ändert sich bei einer Stoßprüfung die Ölmenge Q_H sprunghaft von Null zum Nennwert. Hierbei wird vorausgesetzt, daß ein Ventil, das sich bei dieser größten Änderung stabil verhält, auch bei kleineren Änderungen stabil sein wird. Um diese Hypothese zu bestätigen, wurde ein Programm entworfen, das systematisch eine Ölmengenänderung von einem beliebigen Wert $Q_H^{(-)}$ (vor der Störung) auf einen neuen Wert $Q_H^{(+)}$ (nach der Störung) mit Hilfe eines zweistufigen Iterationsverfahrens durchführt. Ein Lösungsbeispiel wird im Bild 5 gezeigt.

Für die untere Reihe gilt der Zustand „vor der Störung" $Q_H^{(-)} = 0$. Jede Reihe enthält 11 Lösungen ($Q_H^{(+)} = 0$; 10%; 20%; ...; 100% Q_H). Die oberste Reihe zeigt den Verlauf beim plötzlichen Schließen eines Ventils. Es ist sichtbar, daß die Bedingungen eines völlig geschlossenen Ventils die schärfsten sind. Auf diese Weise konnte weiter festgestellt werden, daß die Stoßprüfung tatsächlich ein einfaches und zuverlässiges Qualitätskriterium darstellt.

Bei diesem Simulationsverfahren konnte eine Zeittransformation 1:50 benutzt werden, so daß ein Lösungsgang etwa 2 Sekunden dauerte. Ein ganzer Satz von 121 Varianten konnte innerhalb von 8 Minuten aufgezeichnet werden.

Zusammenfassung

Elektronische Hybridrechner haben sich auch bei der Simulation vorgesteuerter hydraulischer Begrenzungsventile gut bewährt. Aufgrund der Lösungsergebnisse konnten die Abmessungen einzelner Konstruktionselemente so entworfen werden, daß der Übergangsprozeß den vorgeschriebenen Kriterien am besten entspricht. In Zukunft sollen diese Simulationsergebnisse weitgehend mit Messungen an konkreten Ventilen verglichen werden. Dadurch könnte das mathematische Modell nach Bedarf noch besser der Wirklichkeit angepaßt werden.

Literatur

[1] *Fiala, V.*: Beitrag zur Simulation hydraulischer Ventile. msr. **22** (1979) H. 2, S. 62–65.

msr 7175

Kleinrechner KRS 4201 als Steuerungssimulator

IA 4.0.5

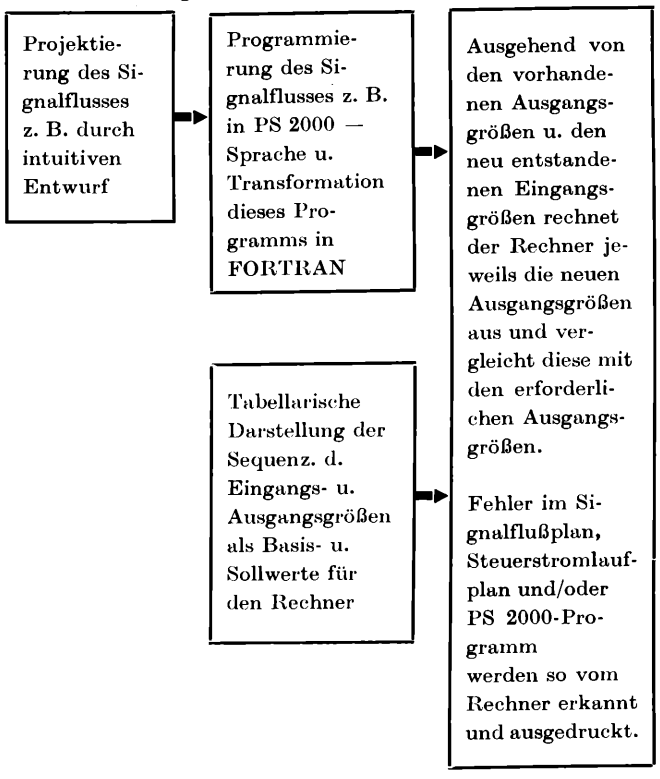
Da die Theorie zur Gestaltung komplizierter Steuerungssysteme nur unvollständig aufgearbeitet und nicht immer ausreichend anwendungsreif ist, werden solche Automatisierungssysteme in der Regel intuitiv entworfen [1]. Diese Tätigkeit ist durch den ständigen Wechsel von Synthese und Analyse gekennzeichnet.

Die Analyse des Signalflusses kann rein theoretisch durchgeführt werden. Dann ist eine L-0-Diskussion in allen Phasen des Ablaufs notwendig [2]. Das hat den Vorteil, daß keine technischen Hilfsmittel benötigt werden. Aufgrund der oft sehr hohen Schrittzahl eines Programms, der vielen sich laufend ändernden Eingangs- und Ausgangsgrößen, der vielen zusätzlich zu überprüfenden wichtigen Zwischengrößen (z. B. Speicherausgänge) und des oft sehr hohen Kompliziertheitsgrades der logischen Struktur ist die Irrtumswahrscheinlichkeit beim theoretischen Vorgehen relativ hoch. Viele Projektanten haben deshalb Steuerungssimulatoren entwickelt und gebaut, die es ihnen gestatten, ihre Schaltungen schnell aufzubauen und praktisch zu erproben [3].

Diese Verbindung des theoretischen Vorausdenkens mit dem praktischen Experiment führt mit hoher Sicherheit zu einer funktionstüchtigen Programmsteuerung. Dieses Entwurfsverfahren ist sehr produktiv, hat aber den Nachteil, daß es an spezielle Technik gebunden ist [3].

Wenn man beispielsweise die modernen speicherprogrammierbaren Steuerungen einsetzt (PS 2000), erscheint es nicht sinnvoll, die Steuerungsstruktur mit konventioneller Technik zu testen. Hier ist es weit zweckmäßiger, die Kontrolle mit einem Simulator auszuführen, der auf der PS 2000 aufbaut oder aber einen Rechner als Steuerungssimulator einzusetzen.

Dazu hat sich folgende Methode bewährt:



Im einzelnen sind dazu die Operationen nach Bild 1 auszuführen.

Die Transformation des PS 2000-Programms in FORTRAN kann nach der Tafel 1 vorgenommen werden.

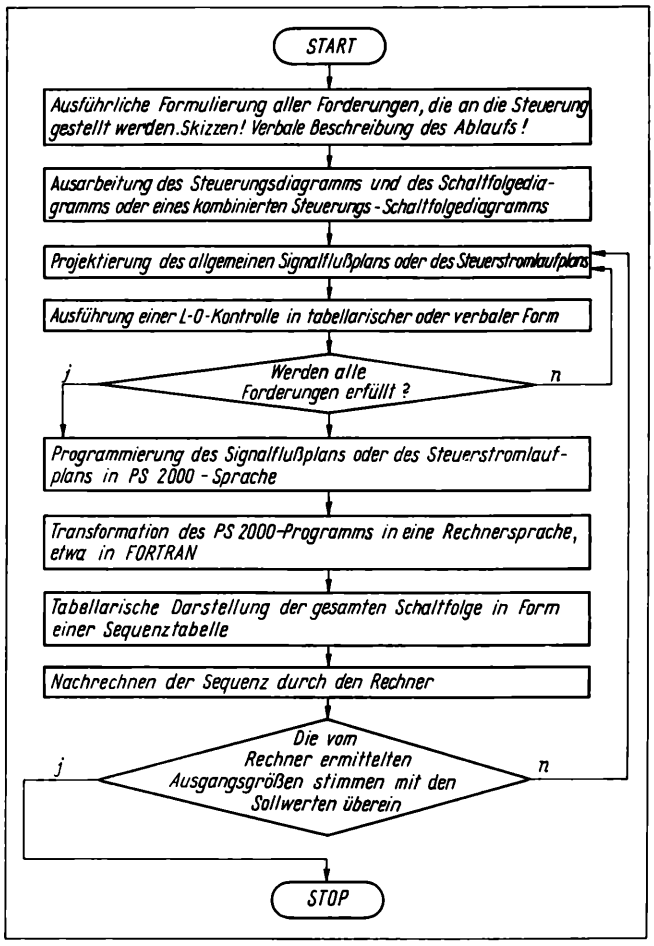


Bild 1. PAP für den rechnergestützten Steuerungsentwurf

Die restlichen Befehle der PS 2000 werden zur Rechnerkontrolle von Programmen und Schaltungen nicht benötigt.

Der Rechner bildet nun alle Vorgänge ab, die sich während der zweiten Arbeitsphase in der PS 2000 abspielen.

Die dritte Phase heißt hier: Vergleichen der errechneten Ausgangsgrößen mit den Sollgrößen und Ausdrucken der Kontrollmeldung. Danach erfolgt in der ersten Phase das Einlesen der neuen Eingangsgrößen, die beim Rechner intern gespeichert sind.

Das Projekt wird nun solange überarbeitet, bis der Rechner keine Fehler mehr findet.

Die Anwendung dieser Methode der Rechnerkontrolle von Programmsteuerungen ist besonders einfach, weil die Software in einen vom speziellen Steuerungsproblem unabhängigen und einen auf das Problem bezogenen Teil unterteilt wurde.

Die problemunabhängige Software ist relativ umfangreich und beinhaltet den gesamten Ablauf der Berechnung der neuen Ausgangsgrößen aus den jeweils neu wirkenden Eingangsgrößen und den von der vorangegangenen Berechnung her bekannten Ausgangsgrößen.

Dabei ist dieses für die Rechnerkontrolle von Programmsteuerungen allgemeingültige Programm so organisiert, daß zuerst die vorhandenen Eingangsgrößen und die Sollausgangsgrößen des i-ten Schrittes vom problemabhängigen Datenträger eingelesen werden. Danach wird nach den Vorschriften des ebenfalls auf dem problemabhängigen Datenträger gespeicherten PS 2000-Programms der speziellen Programmsteuerung der Vektor der

Tafel 1. Transformationstabelle PS 2000 — FORTRAN

LEX	AC = X
LAY	AC = Y
LECX	AC = .NOT.X
LACY	AC = .NOT.Y
TECX	X = .NOT.AC
TAY	Y = AC
UEX	AC = AC.AND.X
UECX	AC = AC.AND.(.NOT.X)
OEX	AC = AC.OR.X
OECX	AC = AC.OR.(.NOT.X)
UAY	AC = AC.AND.Y
UACY	AC = AC.AND.(.NOT.Y)
OAY	AC = AC.OR.Y
OACY	AC = AC.OR.(.NOT.Y)

Ausgangsgrößen des i-ten Schrittes aus den Eingangsgrößen dieses Schrittes und den Ausgangsgrößen des $(i-1)$-ten Schrittes berechnet, worauf diese Istausgangsgrößen nach Schaltung mit den eingelesenen Sollausgangsgrößen nach der Sequenztabelle verglichen werden. Bei Nichtübereinstimmung mit der Sollausgangsgröße wird die jeweilige Istausgangsgröße markiert. Die Fehler werden gezählt. Nach der Berechnung der gesamten Sequenz wird die Fehleranzahl ausgedruckt.

Mit diesem aufwendigen Teil des Programms, der neben dem gesamten Berechnungsablauf auch den drucktechnischen Teil beinhaltet, braucht sich der Anwender nicht zu befassen. Er wurde an der Ingenieurschule für Maschinenbau in Schmalkalden entwickelt und erprobt. Vor der Kontrolle von Programmsteuerungen wird dieses auf einem Lochstreifen gespeicherte allgemeingültige Programm dem Rechner eingegeben, und damit ist der Rechner auf die Abarbeitung von PS 2000-Programmen vorbereitet. Dieses Programm kann von jedem Steuerungsprojektanten mühelos nachgenutzt werden.

Der Teil der Software, der vom speziellen Steuerungsproblem bestimmt wird, beinhaltet folgende Daten

1. Anzahl der Eingangsgrößen,
2. Anzahl der Ausgangsgrößen,
3. Anzahl der PS 2000-Programmschritte,
4. Zeilenzahl der Sequenztabelle,
5. PS 2000-Programm der Steuerung, das in numerischer Verschlüsselung abgelocht wird,
6. Sequenztabelle der Steuerung als Basis- und Sollwerte für die Kontrollrechnung.

Selbst für größere Programmsteuerungen ist dieser Datenlochstreifen sehr schnell hergestellt.

Für die Anwendung dieser Rechnerkontrolle von Programmsteuerungen ist es also lediglich notwendig, daß der Steuerungsprojektant die Steuerung in Form eines PS 2000-Programms aufschreibt. Kenntnisse auf dem Gebiet der Programmierung von Rechnern sind nicht erforderlich.

Die Fähigkeit des Rechners, Fehler in binären Schaltnetzwerken oder Programmen für die PS 2000 zuverlässig zu ermitteln, soll anhand des folgenden einfachen Beispiels näher erläutert werden.

Beispiel:

In ständiger Folge sollen Werkstücke von einem Hubtisch auf eine bestimmte Höhe gehoben und dann von einem Seitenschieber auf eine Ablaufrutsche geschoben werden. In der unteren Position verharrt der Hubtisch eine einstellbare Zeit, damit das neue Werkstück daraufgelegt werden kann. Der Transportbeginn wird durch den Handtaster T_E ausgelöst. Mit dem Handtaster T_A wird der Transportvorgang, nachdem der Transportzyklus abgelaufen ist, beendet. Alle Antriebe sind elektrisch auszuführen. Die Steuerung ist mit Relais zu realisieren.

Der hier am Beispiel dieser elektromechanischen Steuerung demonstrierte Lösungsweg ist selbstverständlich auf elektronische und pneumatische Steuerungen übertragbar (Bilder 2 und 3).

Um zu zeigen, wie der Rechner die Korrektur ausführt, soll angenommen werden, daß bei der Projektierung des Steuerstromlaufplans der gestrichelt eingerahmte Kontakt von b_0 vergessen worden ist.

Für die PS 2000 und für den Rechner ergeben sich dann Programme nach Tafel 2.

Tafel 2. PS 2000 und Rechnerprogramm für das Beispiel nach Bild 2 und Bild 3

	PS 2000	FORTRAN
1	TET_E	AC=TE
2	OAc_3	AC=AC.OR.C3
3	$UECT_A$	AC=AC.AND.(.NOT.TA)
4	TAc_3	C3=AC
5	UEc_V	AC=AC.AND.CV
6	OAc_1	AC=AC.OR.C1
7	$UECb_1$	AC=AC.AND.(.NOT.B1)
8	$UACc_{1-}$	AC=AC.AND.(.NOT.C1N)
9	TAc_1	C1=AC
10	LEb_1	AC=B1
11	UEb_3	AC=AC.AND.B3
12	$UACc_4$	AC=AC.AND.(.NOT.C4)
13	OAc_2	AC=AC.OR.C2
14	$UECb_2$	AC=AC.AND.(.NOT.B2)
15	$UACc_{2-}$	AC=AC.AND.(.NOT.C2N)
16	TAc_2	C2=AC
17	LEb_2	AC=B2
18	OAc_{2-}	AC=AC.OR.C2N
19	$UECb_3$	AC=AC.AND.(.NOT.B3)
20	$UACc_3$	AC=AC.AND.(.NOT.C2)
21	TAc_{2-}	C2N=AC
22	LEb_3	AC=B2
23	OAc_4	AC=AC.OR.C4
24	$UECb_0$	AC=AC.AND.(.NOT.B0)
25	TAc_4	C4=AC
26	LEb_1	AC=B1
27	UEb_3	AC=AC.AND.B3
28	UAc_4	AC=AC.AND.C4
29	OAc_{1-}	AC=AC.OR.C1N
30	$UACc_1$	AC=AC.AND.(.NOT.C1)
31	TAc_{1-}	C1N=AC
32	END	

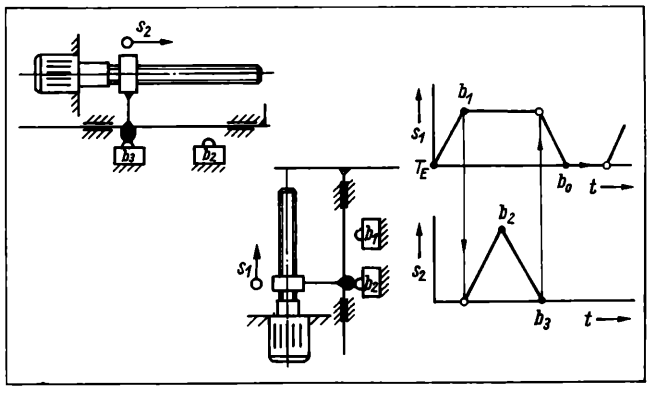
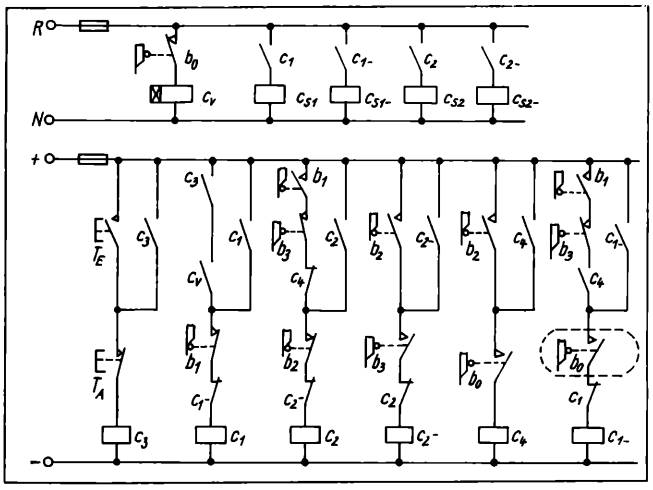


Bild 2. Geräteskizze und Steuerungsdiagramm

Bild 3. Steuerstromlaufplan

Zuordnung der Schütze zu den Bewegungsrichtungen: c_{s1} erzeugt $s1$; c_{s1-} erzeugt $-s1$; c_{s2} erzeugt $s2$; c_{s2-} erzeugt $-s2$



Die Kontrollrechnung mit dem KRS 4201 führt zur Sequenzmatrix (Tafel 3) mit den entsprechenden Korrekturvermerken.

$$\boldsymbol{M}_{\mathrm{E}} = \begin{Bmatrix} \boldsymbol{x}_0 \\ \boldsymbol{x}_1 \\ \vdots \\ \boldsymbol{x}_n \end{Bmatrix} \quad \text{mit} \quad \boldsymbol{x}_{\mathrm{i}} = \{x_{\mathrm{i}1}, x_{\mathrm{i}2}, x_{\mathrm{i}3}, \dots, x_{\mathrm{im}}\}$$

ist die Matrix der Eingangsgrößen.

Sie wird eindeutig durch den Ablauf der Steuerung bestimmt. Man kann sie leicht aus dem Steuerungsdiagramm ablesen. Das gleiche gilt für die Matrix der geforderten Ausgangsgrößen, den Sollwert der Steuerung:

$$\boldsymbol{M}_{\mathrm{As}} = \begin{Bmatrix} \boldsymbol{y}_{0\mathrm{s}} \\ \boldsymbol{y}_{1\mathrm{s}} \\ \boldsymbol{y}_{2\mathrm{s}} \\ \vdots \\ \boldsymbol{y}_{n\mathrm{s}} \end{Bmatrix} \quad \text{mit} \quad \boldsymbol{y}_{\mathrm{i}} = \{y_{\mathrm{i}1}, y_{\mathrm{i}2}, \dots, y_{\mathrm{ik}}\} \,.$$

Der Vektor der Ausgangsgrößen enthält als Komponenten auch die Hilfsgrößen, die von der Steuerung zwar erzeugt, aber nicht an die Stellglieder weitergegeben werden.

Im Beispiel sind das die Hilfsrelais c_3 und c_4.

c_3 speichert den Einbefehl und c_4 registriert den Rücklauf der Mechanik, d. h., c_4 ist zwischen b_2 und b_0 erregt. Damit werden auch diese Komponenten des Ausgangsgrößenvektors eindeutig durch den geforderten Ablauf bestimmt.

Der Rechner berechnet nun nach den folgenden Gleichungen die Matrix $\boldsymbol{M}_{\mathrm{AR}}$:

$$\boldsymbol{M}_{\mathrm{AR}} = \begin{Bmatrix} \boldsymbol{y}_{1\mathrm{R}} \\ \boldsymbol{y}_{2\mathrm{R}} \\ \vdots \\ \boldsymbol{y}_{n\mathrm{R}} \end{Bmatrix}; \quad \boldsymbol{y}_{\mathrm{iR}} = f(\boldsymbol{x}_{\mathrm{i}}, \boldsymbol{y}_{\mathrm{i}-1}); \qquad i = 1, 2, \dots, n \,.$$

Der Nullvektor der Ausgangsgrößen $\boldsymbol{y}_0$ ist durch die Ausgangssituation der Steuerung (s. Tafel 3) eindeutig bestimmt. Die Funktion f wird durch das Programm festgelegt, d. h., sie beinhaltet den Signalflußplan und/oder den Steuerstromlaufplan bzw. das PS 2000-Programm.

Wenn $\boldsymbol{y}_{\mathrm{iR}} \neq \boldsymbol{y}_{\mathrm{is}}$ ist, druckt der Rechner in der Korrekturspalte ein F (Fehler) aus.

Im Beispiel weisen die Korrekturvermerke „F" des Rechners darauf hin, daß die Steuerschaltung noch nicht die richtigen Ausgangsbefehle liefert. Ein genauer Vergleich des Rechnerergebnisses mit dem Sollwert läßt erkennen, daß $c_{1-} = \mathrm{L}$ bleibt, obwohl $b_0 = \mathrm{L}$ geworden ist. Praktisch heißt das: der Hubtischmotor wird in der unteren Stellung nicht abgeschaltet.

Tafel 3. Sequenzmatrix mit Korrekturvermerken

	M_{E}							M_{As}						M_{AR}						
n	T_{E}	T_{A}	b_0	c_{V}	b_1	b_2	b_3	c_3	c_4	c_1	c_{1-}	c_2	c_{2-}	c_3	c_4	c_1	c_{1-}	c_2	c_{2-}	KOR
0	0	0	L	L	0	0	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	L	L	0	0	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	L	0	L	L	0	0	L	L	0	L	0	0	0	L	0	L	0	0	0	
3	0	0	L	0	0	0	L	L	0	L	0	0	0	L	0	L	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	L	L	0	L	0	0	0	L	0	L	0	0	0	
5	0	0	0	0	L	0	L	L	0	0	0	L	0	L	0	0	0	L	0	
6	0	0	0	0	L	0	0	L	0	0	0	L	0	L	0	0	0	L	0	
7	0	0	0	0	L	L	0	L	L	0	0	0	L	L	L	0	0	0	L	
8	0	0	0	0	L	0	0	L	L	0	0	0	L	L	L	0	0	0	L	
9	0	0	0	0	L	0	L	L	L	0	L	0	0	L	L	0	L	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	L	L	L	0	L	0	0	L	L	0	L	0	0	
11	0	0	L	0	0	0	L	L	0	0	0	0	0	L	0	0	L	0	0	F
12	0	0	L	L	0	0	L	L	0	L	0	0	0	L	0	0	L	0	0	F
13	0	L	L	L	0	0	L	0	0	L	0	0	0	0	0	0	L	0	0	F
14	0	0	L	L	0	0	L	0	0	L	0	0	0	0	0	0	L	0	0	F
15	0	0	0	0	0	0	L	0	0	L	0	0	0	0	0	0	L	0	0	F
16	0	0	0	0	L	0	L	0	0	0	0	L	0	0	0	0	L	L	0	F
17	0	0	0	0	L	0	0	0	0	0	0	L	0	0	0	0	L	L	0	F
18	0	0	0	0	L	L	0	0	L	0	0	0	L	0	L	0	L	0	L	F
19	0	0	0	0	L	0	0	0	L	0	0	0	L	0	L	0	L	0	L	F
20	0	0	0	0	L	0	L	0	L	0	L	0	0	0	L	0	L	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	L	0	L	0	L	0	0	0	L	0	L	0	0	
22	0	0	L	0	0	0	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	L	0	0	F
23	0	0	L	L	0	0	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	L	0	0	F

Eine Korrektur der vom Rechner angezeigten Fehler wird sehr schnell durch den in den Stromlaufplan bereits eingetragenen Öffner von b_0 erreicht.

In das Programm wird nun zwischen den 29. und 30. Programmschritt der Befehl UECb$_0$ oder AC = AC.AND.(.NOT.BO) eingeschoben.

Nach dieser Schaltungs- und Programmkorrektur zeigt der Rechner die Richtigkeit der Schaltung in allen Phasen des Ablaufs an (Tafel 4).

Literatur

[1] *Töpfer, H.:* Den Fortschritt aktiv mitgestalten. Techn. Gemeinschaft **28** (1980) H. 1, S. 5 und 6.

[2] *Friedrich, A.; Schulze, W.:* Anleitung zur Entwicklung von DRELOBA-Steuerungen. msr **15** (1972) H. 5, 6, 7.

[3] *Friedrich, A.:* Ein Schwerpunkt der Ausbildung im Automatisierungslabor: Rationalisierungsmittel-Programmsteuerungen. Die Fachschule **28** (1980) H. 3, S. 60–64.

msr 7245 Dipl.-Ing. *A. Friedrich*,
Dipl.-Ing. *H. Bennewitz*,
Ingenieurschule für Maschinenbau Schmalkalden

Tafel 4. Berechnung der Sequenztabelle

N	TE	TA	B0	B0V	B1	B2	B3	C3	C4	C1	C1N	C2	C2N	C3	C4	C1	C1N	C2	C2N	KOR
								0	0	0	0	0	0							
1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	
4	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	
6	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	
7	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	
8	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	
9	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	
10	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	
12	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
13	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	
14	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
15	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
17	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
18	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
19	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	
20	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	
21	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	
23	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

0 Fehler

IFAC-Symposium „Pneumatic and Hydraulic Components and Instruments in Automatic Control", 20. bis 23. Mai 1980 in Warschau

Dieses Symposium wurde als besondere Aktivität des Technischen Komitees für Bauelemente und Geräte (TCCI) der International Federation of Automatic Control (IFAC) zusammen mit dem Komitee für Meß- und Steuerungstechnik der VR Polen organisiert. Der Vorsitzende des IFAC TCCI, Prof. *H. Leskiewicz*, VR Polen, war gleichzeitig auch Vorsitzender des Internationalen Programmkomitees, das zur Vorbereitung des Symposiums beitrug. Mit dem Ziel, einen wirksamen wissenschaftlichen Informations- und Erfahrungsaustausch zu den für die Automatisierungstechnik wichtigen Fachgebieten Pneumatik und Hydraulik zu gestalten, wurden vom Internationalen Programm-Komitee 42 Vorträge ausgewählt und in 5 aufeinanderfolgende technische Sektionen und in eine Rundtischdiskussion eingeordnet. Am Symposium nahmen etwa 70 Personen aus folgenden Ländern teil: BRD, VR Bulgarien, Kanada, VR China, ČSSR, DDR, England, Indien, Italien, Japan, SFR Jugoslawien, Niederlande, VR Polen, SR Rumänien, UdSSR, Ungarische VR, USA. Die Vorträge können folgenden Schwerpunkten zugeordnet werden:

1. mathematische Modellierung von Bauelementen und Geräten
2. pneumatische Bauelemente und Geräte
3. hydraulische Bauelemente und Geräte
4. Stellantriebe in der Automatisierungstechnik.

Im Schwerpunkt 1 wurden prinzipielle Möglichkeiten der mathematischen Modellierung und die Anwendung von Simulationssprachen sowie elektro-fluidischer Analogien bei hydraulischen und pneumatischen Elementen behandelt und durch Beispiele zur Modellierung hydraulischer Elemente wie Rückschlag- und Verteiler-Ventile, Pumpen und Servostelleinrichtungen sowie pneumatischer Schrittmotoren erläutert. Um die Zusammenhänge besser überblicken zu können, werden zunehmend Linear- und Bondgraphen-Darstellungen angewendet. Die Vorträge gaben anschauliche Beispiele für die Nützlichkeit der rechnergestützten Elemente- und Schaltungsanalyse und der Digitalrechnersimulation, wodurch mehr Einsicht in das Verhalten fluidischer Komponenten gewonnen werden kann.

Neuentwicklungen pneumatischer Bauelemente und Systeme sowie Ergebnisse theoretischer und experimenteller Untersuchungen wurden in Beiträgen des Schwerpunktes 2 behandelt. Verbesserte pneumatische Verzögerungsglieder, Leistungsverstärker, Näherungssensoren und Schrittmotoren sind Beispiele für Fortschritte bei pneumatischen Bauelementen. In einem interessanten Beitrag (ČSSR) zu den Grundlagen pneumatischer Bauelemente wurde das spezielle (kubische) Widerstandsverhalten bei Wirbeldioden herausgestellt. Vorschläge zur Nutzung dieses Effektes wurden angegeben. Der Aufbau eines neuen Hochdruck-Steuer- und Stellsystems (ESPA 05, VR Bulgarien), Entwurfsgrundlagen zu integrierten fluidischen Modulen für die Aggregatautomatisierung (UdSSR) und weitere Ergebnisse zur analogen und diskreten Signalübertragung sind Beispiele für die Verbesserung pneumatischer Systeme. Mehrere Vorträge stellten den Anwendungsaspekt heraus. In einem Überblicksbeitrag wurde zur Anwendung der Fluidiks in der VR China berichtet. Die Anwendung der Systeme USEPPA, ZIKL, WOLGA (UdSSR) zur Steuerung biologischer Objekte und Systeme unterstreicht die besondere Bedeutung der Pneumatik für die Regelungs- und Steuerungstechnik in der Human- und Veterinärmedizin, der Mikrobiologie und Nahrungsmittelindustrie.

Neuen Ergebnissen in der Hydraulik war der Schwerpunkt 3 gewidmet. Theoretische und experimentelle Ergebnisse zu hydraulischen Tieffrequenzgeneratoren, hydraulischen Wirbelwiderständen, Brückenschaltungen für die Einschätzung des Verschmutzungsgrades von Hydraulikflüssigkeiten, elektro-hydraulischen Injektoren für die Diesel-Motorsteuerung und zu Übertragungssystemen mit Verstellpumpe und -motor wurden ebenso mitgeteilt wie neue Ergebnisse zum dynamischen Verhalten von Servosystemen (Stabilisierung, Unterdrückung von Druckschwankungen in Rohrleitungen bei Servoeinrichtungen u. a. m.). Ein Beitrag behandelte die Software-Probleme beim Entwurf eines mikrorechnergesteuerten elektrohydraulischen Servosystems zur Steuerung von Industrierobotern (SR Rumänien).

Mit der Weiterentwicklung, der rechnergestützten Auswahl und der Anwendung von Stelleinrichtungen befaßten sich Beiträge zum Schwerpunkt 4. Für die nachträgliche Automatisierung handbetätigter Stellventile eignet sich ein robuster elektro-pneumatischer Schrittantrieb (Ungarische VR). Zur Verbesserung der Steuerung des Bewegungsverhaltens pneumatischer Linearantriebe dienen Untersuchungen zur Kompatibilität des Antriebes mit einem linearen Kompensator (SR Rumänien). Die Steuerung eines zweigliedrigen Roboterarmes unter Verwendung eines elektrohydraulischen Servosystems wurde in einem weiteren Beitrag behandelt (Japan). Wirbelelemente stellen einen neuen Typ von Stoffstrom-Stelleinrichtungen ohne mechanisch bewegliche Teile dar. Zur Dynamik eines solchen Stellgliedes in Regelungssystemen wurde berichtet (UdSSR). Große Fortschritte in der Abwassersteuerung von Städten wurden durch Anwendung spezieller Wirbelkammern als steuerbare Fluidwiderstände erreicht (BRD). Ergebnisse zur interaktiven „Katalog"-Auswahl von Stellventilen, Klappen und pneumatischen Membran-Stellantrieben zur Steuerung von Flüssigkeits- und Gasströmen wurden in einem weiteren Beitrag mitgeteilt (VR Polen).

Mit einem Einführungsvortrag von *Töpfer, Schwarz, Leuthold* (DDR) zu den Chancen der Pneumatik beim Wandlungsprozeß in der Automatisierungstechnik wurde die Rundtischdiskussion unter Leitung von Prof. *Beck* (England) eröffnet. Der Beitrag brachte zum Ausdruck, daß der weitere Einsatz der Pneumatik zur Lösung sowohl konventioneller als auch neuer Aufgaben, die infolge der breiteren Anwendung der Mikroelektronik an den Schnittstellen zwischen Automatisierungseinrichtung und Prozeß entstehen, erfolgt. Beispiele für das pneumatische Messen und Stellen auch unter erschwerenden Umgebungsbedingungen wurden gegeben. Auf die besondere Bedeutung angepaßter pneumatisch/elektrischer und elektrisch/pneumatischer Wandler und deren Integration in „intelligente" Meß- und Stelleinrichtungen wurde hingewiesen.

In der Diskussion wurde den Aussagen des Vortrages generell zugestimmt, wobei *Pavlik* (BRD) die unterstützende Rolle der Pneumatik bei der Einführung der modernen Automatisierungsgerätetechnik hervorhob. Als Hauptanwendungen der Pneumatik bei der Prozeßautomatisierung sind die „back-up"-Instrumentierung in DDC-Systemen und die sollwertgeführten Regelungseinrichtungen (SPC) zu betrachten. Aus Gründen der Zuverlässigkeit und der Gerätekomplexität wurden jedoch gegen eine Verteilung der Intelligenz bis hin ins Meß- und Stellglied Bedenken angemeldet. Von *Viersma* (Niederlande) wurde die bleibende große Bedeutung der Pneumatik für die Automatisierung in der chemischen Industrie unterstrichen. *Backé* (BRD) stimmte ebenfalls den Hauptaussagen des Vortrages zu und betonte die wichtige Rolle der pneumatischen Schaltelemente einschließlich zugehöriger Signalwandler nahe dem Stellglied. Eine sinnvolle Synthese zwischen mikroelektronischen und pneumatischen Komponenten wird zu Fortschritten bei der Antriebssteuerung für Maschinen und Industrieroboter führen. Nach weiteren Beiträgen wurde der Gegenstand der Rundtischdiskussion auf Fragen der Ausbildung und Erziehung gelenkt. Kritische

Äußerungen gab es dabei zur Tendenz, daß die Möglichkeiten der Modellierung und Simulation schnell überschätzt werden können, wenn das Verständnis der hardware vernachlässigt wird. Diesen Gefahren sollte durch eine gute Symbiose zwischen Mechanik, Fluidik und Elektronik sowie durch ein angemessenes Verhältnis von Hardware zu Software in der Ausbildung begegnet werden.
Das Symposium unterstrich insgesamt die wichtige Rolle der Pneumatik und Hydraulik für die Automatisierungstechnik und erfüllte mit einem vielseitigen fachlich-wissenschaftlichen Informations- und Erfahrungsaustausch die Erwartungen. Es trug durch zahlreiche Pausendiskussionen zur Vertiefung und Anknüpfung fachlicher Kontakte bei. Die Teilnehmer am Symposium hatten außerdem die Möglichkeit, das Institut für Industrieautomatisierung der TU Warschau und den Betrieb MERA-PNEFAL, Warszawa-Falenica, als Hersteller pneumatischer Geräte und kompletter Automatisierungsanlagen zu besichtigen. Durch beide Besichtigungen konnten überzeugende Eindrücke von den Leistungen dieser Einrichtungen für die Automatisierungstechnik gewonnen werden. Weitere Betriebsbesichtigungen waren während einer Nach-Symposium-Tour in Kraków und Zywice vorgesehen.

Die Vorabdrucke der gehaltenen Vorträge (in englischer Sprache) können in der Bibliothek des Institutsteils Dresden des ZKI der AdW der DDR, 8027 Dresden, Haeckelstr. 20, eingesehen werden.

msr 7258 *A. Schwarz*

VIII. Jablonna-Fluidik-Konferenz, 11. bis 14. Juni 1980 in Bukarest

Mit der VIII. Jablonna-Fluidik-Konferenz wurde die von den sozialistischen Ländern getragene Konferenzreihe zu den Fachgebieten Fluidik/Fluidtechnik bzw. Hydraulik/Pneumatik und deren Anwendung innerhalb der Meß- und Automatisierungstechnik erfolgreich fortgesetzt. Die vorangegangenen Konferenzen wurden in folgenden Orten/Ländern veranstaltet:

— Jablonna bei Warschau/VR Polen (1966 und 1970)
— Dresden/DDR (1969 und 1978)
— Varna/VR Bulgarien (1972)
— Budapest/Ungarische VR (1974)
— Moskau/UdSSR (1976)

Die VIII. Jablonna-Fluidik-Konferenz ermöglichte — wie auch die früheren Veranstaltungen — einen intensiven Informations- und Erfahrungsaustausch über erreichte Fortschritte und die Entwicklungstendenzen auf dem Fachgebiet. Die Konferenz vereinigte Teilnehmer aus Forschung, Lehre, Produktion und Anwendung zu einer nützlichen Diskussion über wissenschaftliche Grundlagen, Entwurfsprobleme und Anwendungserfahrungen. Sie ermöglichte außerdem die Vertiefung der fachlichen und persönlichen Kontakte zwischen den Teilnehmern und förderte so die internationale Zusammenarbeit.
Es nahmen etwa 180 Fachleute aus den Ländern VR Bulgarien, ČSSR, DDR, Frankreich, Japan, Kanada, VR Polen, SR Rumänien, UdSSR und Ungarische VR teil. Die Konferenz war sehr gut von der Fakultät für Automatik der Polytechnischen Hochschule Bukarest organisiert und fand auch in den Räumen des Polytechnikums statt. Die offiziellen Arbeitssprachen waren Rumänisch, Russisch, Deutsch und Englisch, wobei die Vorträge und Diskussionsbemerkungen simultan übersetzt wurden.
Von 84 eingereichten Beiträgen konnten 66 in 10 aufeinanderfolgenden Sektionen vorgetragen werden. Das Vortragsprogramm wurde durch eine Rundtischdiskussion ergänzt.
Themenkomplexe der Konferenz waren:

1. Probleme der Strahlströmung und mathematische Modellierung fluidischer Komponenten
2. Strahlelemente, -schaltungen und -geräte
3. Fluidische Sensoren und Signalwandler
4. Pneumatische und hydraulische Steuerungs- und Stellelemente
5. Industrielle Anwendungen

Im *Themenkomplex 1* wurden Arbeiten zum Verhalten fluidischer Kapillar-Widerstände, zum Widerstandsverhalten von Leitungen und zur Anwendbarkeit spezieller Widerstände für Gasanalysatoren dargeboten. Die Beeinflussung eines Wasserstrahles durch Schall, die Erzeugung oszillierender Wasserstrahlen und die Beschreibung einer speziellen Wirbelströmung waren Untersuchungsgegenstände weiterer Beiträge. Die Methode zur Beschreibung fluidischer Elemente mit drei oder mehr Anschlüssen wurde unter Verwendung eines definierten Verlustfaktors weiter aufgebaut, wobei eine einfache grafische Darstellung angestrebt wurde. Der Einfluß der Wärmeübertragung auf die Geschwindigkeit eines pneumatischen Kolbens wurde analysiert. Fragen der Dekomposition und Modellierung pneumatischer Funktionseinheiten unter Nutzung von Elementarschaltungen und rechnergestützten Methoden wurden behandelt. Vorschläge zur mathematischen Modellierung von analogen Strahlelementen, Wandstrahlelementen, druckvariablen fluidischen Kondensatoren, unverzweigten oder verzweigten Leitungen (Frequenzfilter) und kombinierten Leitung-Volumen-Anordnungen wurden in weiteren Arbeiten angegeben. Zur Verbesserung pneumatischer Stellantriebe dienten Arbeiten zum Entwurf eines Servosystems mit linearem Kompensator. Insgesamt zeigten die Beiträge zu diesem Themenkomplex die Notwendigkeit, daß weitere Arbeiten zu den Grundlagen des Elementeverhaltens durchgeführt werden müssen, um durch anwendungsorientierte Beschreibungsmethoden die Entwurfs- und Projektierungsarbeit vereinfachen zu können.
Innerhalb des *Themenkomplexes 2* wurden Arbeiten sowohl zu analogen als auch digitalen Strahlelementen vorgestellt. Neue Erkenntnisse zum inneren Rauschen von analogen Strahlverstärkern brachten experimentelle Untersuchungen. Ergebnisse von Neuentwicklungen bei Strahlablenkungselementen und daraus aufgebauten mehrstufigen Verstärkern wurden dargelegt. Die Elemente können mit Wasser oder Luft als Fluid betrieben werden. Für das dynamische Verhalten von Wandstrahlelementen wurde ein mathematisches Modell vorgeschlagen, und es wurde die Stabilität des Schaltverhaltens untersucht. Die Anwendung von Wandstrahlelementen zum Aufbau von Schwellwertelementen weist auf eine Möglichkeit der Schaltungsvereinfachung hin. Für das Betreiben mit aggressiven Fluiden bzw. mit hohen Speisedrücken wurden spezielle Wandstrahlelemente entwickelt. Strukturbetrachtungen und rechnergestützte Projektierungsmethoden mit Standardmodulen, die zu aufwandsminimalen, programmierbaren fluidischen Steuerungen führen, sowie die Untersuchung von Wettlauferscheinungen waren Ergebnisse weiterer Beiträge. Berichtet wurde auch über einen neuartigen Verzögerungsdetektor, der Verzögerungszeiten zwischen zwei fluidischen Impulsen relativ genau bestimmt und der z. B. für gasanalytische Zwecke (CO_2-Anteile in Luft) verwendet werden kann. Die Arbeiten zu diesem Themenkomplex lassen die Leistungsfähigkeit der fluidischen Elemente erkennen und weisen auf die Vielfalt lösbarer Anwendungsprobleme hin. Die Anwendungsbreite fluidischer Elemente kann verzögert werden, wenn die bestehenden Lücken in der Klärung des grundsätzlichen Verhaltens weiter geschlossen werden können.
Der *Themenkomplex 3* betraf mit Sensoren und Signalwandlern einen Schwerpunkt des Fachgebietes. Fluidische Sensoren haben große Bedeutung bei der Gewinnung von Informationen aufgrund ihrer Einfachheit und Arbeitsfähigkeit unter extremen Umgebungsbedingungen. Mit leistungsfähigen elektrisch-fluidischen und fluidisch-elektrischen Signalwandlern ist die Kopplung mit mikroelektronischen Systemen herzustellen. In den vorgestellten Arbeiten wurden deshalb die Möglichkeiten der Nutzung strömungstechnischer Effekte zum Aufbau neuer Sensoren untersucht. Vorgeschlagen wurden pneumoakustische Temperatursensoren, pneumoakustische Sensoren mit elektrischem Ausgangssignal für kleine Wege, Sensoren zur Analyse binärer Gasgemische (siehe Verzögerungsdetektor) mit bemerkenswert hoher Genauigkeit (0,1%) und Sensoren für Industrieroboter (Ringstrahl- und Spaltstrahlsensoren, Ultraschallschranken großer Reichweite). Ein Beispiel für die zweckmäßige Ausnutzung frequenzanaloger Prinzipien war ein Feuchte-Sensor auf der Basis eines fluidischen Oszillators. Ergebnisse der theoretischen

und experimentellen Meßfehleranalyse wurden mitgeteilt. Für den Aufbau von elektrisch-fluidischen Signalwandlern ist das Zusammenwirken elektrischer und strömungsmechanischer Effekte bedeutungsvoll. In einem Übersichtsartikel wurden der Entwicklungsstand und die Anwendung der Elektrofluidik in Steuerungssystemen beschrieben. Unter Elektrofluidik wird ein neuer Zweig der Automatisierungstechnik verstanden. Hier werden Kräfte und Erscheinungen ausgenutzt, die bei der Wechselwirkung zwischen elektrischen und strömungsdynamischen Feldern entstehen. In weiteren Beiträgen wurden die Aspekte der Kopplung pneumatischer Systeme mit Prozeßrechnern, der Aufbau und die Eigenschaften elektropneumatischer Wandler mit Strahlablenkung bzw. Schrittmotoransteuerung und die Eigenschaften mikrorechnergesteuerter fluidischer Abschaltkreise erörtert. Durch den Einsatz eines Mikrorechners, der den Vorabschalt- und den Abschaltpunkt hydraulischer Antriebe in Abhängigkeit von Parameteränderungen ständig neu berechnet, kann die Positioniergenauigkeit wesentlich gesteigert werden.

Zum *Themenkomplex 4* wurden eine Vielzahl von Ergebnissen zu neu- bzw. weiterentwickelten pneumatischen Steuerelementen, zu Entwurfsmethoden, zur Analyse hydraulischer und elektrohydraulischer Steuerungs- und Antriebssysteme vorgestellt. Pneumatische Doppelmembranrelais mit Metallmembranen sind für den Betrieb mit Hochdruck vorgesehen. Über Erfahrungen zum Entwurf des DRELOBA-Systems und zu speziellen Anwendungen pneumatischer Geräte in der Kerntechnik wurde berichtet. Mehrere Arbeiten befaßten sich mit der Steuerung von pneumatischen Linear- und Schrittantrieben. Die Arbeiten zu hydraulischen Antrieben zielen auf eine Leistungssteigerung hin, wozu Erkenntnisse zur Dynamik und zur Berücksichtigung nichtlinearer Zusammenhänge bei der mathematischen Modellierung notwendig sind. Bei Servosystemen werden die Bemühungen auf eine Optimierung der Regelkreisstruktur und die Einbindung in übergeordnete mikroelektronische Steuerungen gerichtet. Die Beiträge zeigten insgesamt, daß die pneumatischen und hydraulischen Antriebe — verbunden mit stellgliednahen Geräten zur Steuerung und Signalwandlung — wichtige Komponenten in Automatisierungssystemen darstellen und deshalb weiterentwickelt werden müssen.

Der *Themenkomplex 5* enthielt sowohl Übersichten als auch sehr viele Einzelbeispiele für bedeutsame industrielle Anwendungen fluidischer Elemente, Geräte und Systeme. Allein aus einem Überblick über die Breite der Systeme und deren industriellen Einsatz in der UdSSR ging in überzeugender Weise die Bedeutung der Fluidtechnik für die Prozeßautomatisierung hervor. Ergänzt wurde der Beitrag durch die Charakterisierung des erreichten Standes bei den theoretischen Grundlagen, bei der Gewährleistung hoher Zuverlässigkeitskennwerte und durch eine Analyse der weiteren Entwicklungsperspektive. Weitere Beiträge zur Anwendung pneumatischer Programmsteuerungen und fluidischer Regler für technologische Prozesse, zur direkten Handhabung von Montageteilen durch Strahlbeeinflussung, zur automatischen Dichtheitsprüfung und zur Dosierwaagensteuerung verdeutlichten die Anwendungsbreite fluidischer Elemente. Außerdem wurde über elektronische Prüfeinrichtungen für fluidische Elemente und Schaltungen, neue Druckluftaufbereitungsgeräte und über Einsatzmöglichkeiten pneumatischer Automatisierungsmittel bei der Erdölförderung berichtet. Aufgrund der Vortragsfülle war die Vortragszeit oft sehr begrenzt, so daß viele interessante Aspekte leider nicht ausführlicher dargestellt werden konnten.

In einer *Rundtischdiskussion* zum Thema „Entwicklungsstand und -tendenzen der Fluidtechnik im Vergleich zur schnellen Entwicklung der Mikroelektronik" wurden unter Leitung von Prof. *Dumitrache* (SR Rumänien) die Wechselbeziehungen zwischen Fluidik und Mikroelektronik herausgestellt. Im Verlaufe der Diskussion wurden weniger die Vor- und Nachteile der Techniken erörtert als vielmehr die Anteile der Fluidtechnik näher bestimmt, die dazu beitragen werden, die Forderungen an zukünftige Automatisierungseinrichtungen zu erfüllen:

- Bereitstellung von Sensoren und Wandlern für verschiedene Prozeßgrößen bzw. als Kopplungsglieder zur Mikroelektronik und damit Absicherung der Schnittstellen zwischen den informationsverarbeitenden Teilen der Automatisierungseinrichtung und dem Prozeß (Messen, Stelleingriff)
- Schaffung komplexer Lösungen mit Meßeinrichtungen, angemessener Informationsverarbeitung und dem Prozeß optimal angepaßten Stelleinrichtungen sowie Anwendung neuer Entwurfs- und Projektierungsmethoden
- Schaffung von Sonderlösungen in ausgewählten Anwendungsgebieten, wie Roboter-, Medizin- und Kerntechnik usw.

Die angeregte Rundtischdiskussion wurde durch Hinweise zur Öffentlichkeitsarbeit ergänzt und stellte als Schlußveranstaltung eine gelungene Abrundung der Konferenz dar.

Die Vorabdrucke der gehaltenen Vorträge können in der Bibliothek des Institutsteiles Dresden des ZKI der AdW der DDR, 8027 Dresden, Haeckelstr. 20, eingesehen werden.

Die IX. Jablonna-Fluidik-Konferenz wird von der Polnischen Akademie der Wissenschaften 1982 in Jablonna bei Warschau organisiert. msr 7259 *A. Schwarz*

10. Armaturentagung des KMAW in Magdeburg

Der Bezirksvorstand der KDT Magdeburg führte am 15. und 16. Oktober gemeinsam mit dem VEB Armaturenkombinat und seinem KDT-Aktiv o. g. Fachtagung mit internationaler Beteiligung durch. Es wurden insgesamt 23 Vorträge gehalten, davon 11 Beiträge aus unseren sozialistischen Nachbarstaaten, die eine wertvolle Ergänzung des Erkenntnisstandes der Armaturenforschung darstellten. Die insgesamt 350 Teilnehmer bezeugten durch zahlreiche Anfragen und Diskussionen ihr Interesse an den vorgestellten Problemen. Da die Veröffentlichung aller Vorträge in vollem Umfang in der KMAW-Fachzeitschrift „Technische Information Armaturen" geplant ist, wird nachfolgend nur über die für die Automatisierungstechnik bedeutsamen Vorträge in Kurzform berichtet.[1])

[1]) Der Verfasser dankt dem Organisationsbüro der Tagung für die Unterstützung dieser Berichterstattung.

Zu Entwicklungstendenzen und daraus abgeleiteten Forderungen sprachen:

H. Hinze/KMAW: *Entwicklungstendenzen des Armaturenbaus in der DDR*

Ausgehend von den volkswirtschaftlichen Aufgabenstellungen des Anlagenbaus sowie der Investitions- und Bauindustrie der DDR hat sich der Charakter der Armaturenproduktion und damit das Erzeugnisprofil des Armaturenkombinates in den letzten Jahren deutlich verändert. Neben der quantitativen Bedarfsdeckung durch Rekonstruktion und Rationalisierung der Grundsortimente spielt die wissenschaftliche Durchdringung der spezifischen Elemente des Armaturenbaus und die Berücksichtigung ihres Einflusses auf eine material- und energieökonomische Betriebsweise der Anlagen eine bedeutende Rolle. Anhand einiger Beispiele des erreichten Standes von Wissenschaft und Technik der Armaturenproduktion wurden die Grundtendenzen der weiteren Entwicklung erläutert und Ziele der konstruktiven Gestaltung unter Berücksichtigung internationaler und nationaler Erkenntnisse der Grundlagen- und Applikationsforschung dargestellt.

R. Müller und *K. Thomas*/TH Leipzig: *Entwicklungsprobleme von Durchfluß-stellgliedern*

Der Einsatz der Mikroelektronik in informationsverarbeitenden Systemen der Automatisierungstechnik erfordert eine Weiterentwicklung der konventionellen Stelltechnik sowie die Entwicklung von Stelleinrichtungen mit neuen Wirk- und Stellprinzipien. Nach einer kritischen Bewertung zu den bisher bekannten Ausführungen wurden die Zielstellungen für künftige Entwicklungen von Stellgliedern genannt und nach einer Aufzählung der zu verbessernden Gebrauchseigenschaften und der zu erschließenden neuen Anwendungsbereiche die prinzipiellen Vor- und Nachteile einiger Ausführungen besprochen. Dabei wurde auf Einsitz- und Doppelsitzventile, Drossel-

klappen, Drehkörperarmaturen und Drehstopfbuchsen eingegangen. Neue Lösungen für Verfahrens- und Automatisierungsstruktur zeichnen sich mit der Einführung von Leistungsfluidiks für Stoffstrombeeinflussung ab. Zu Wandstrahl- und Wirbelkammerelement wurde ein allgemeiner Überblick gegeben.

K. Grecksch/TH „Otto von Guericke" Magdeburg: *Einsatzmöglichkeiten von Mikrorechnern für Aufgaben der Stelltechnik*

Den ständig steigenden Anforderungen der Industrie an die Stelltechnik hinsichtlich solcher Parameter, wie Stellgenauigkeit, Stellgeschwindigkeit, Zuverlässigkeit usw. wird heute prinzipiell durch zwei Möglichkeiten entsprochen:

— Weiterentwicklung der Gerätetechnik durch entsprechende Hardwarelösungen
— Einsatz der Rechentechnik zur Korrektur und Kompensation unerwünschter bzw. verbesserungswürdiger Eigenschaften und zur Überwachung.

Trotz der seit einigen Jahren auch für solche Aufgabenstellungen verfügbaren Rechentechnik wurde der 2. Weg bisher kaum beschritten. Das Konzept der Mikrorechnerregler auf der untersten Ebene der Prozeßautomatisierung schafft für die Beeinflussung der Eigenschaften der Stellgerätetechnik durch Software völlig neue Voraussetzungen und macht eine intensive Auseinandersetzung mit dieser Problematik notwendig. Es wurden Möglichkeiten der Anwendung für folgende Aufgabenstellung dargestellt:

— Positionierung
— Korrektur der Kennlinie des Stellgliedes
— Kompensation der Hysterese
— Sicherheits- und Überwachungsfunktionen an Stelleinrichtungen.

K. Grecksch und *G. Heideck*/TH „Otto von Guericke" Magdeburg: *Stoffstrombeeinflussung durch gesteuerte Pumpen*

Die Stoffstrombeeinflussung in Rohrleitungen wurde bisher fast ausschließlich durch veränderliche Strömungswiderstände in Form von Ventilen, Schiebern, Klappen und Hähnen realisiert. Als alternative energiesparende und rationelle Methode der Zukunft wird eine Quellensteuerung in Form gesteuerter Pumpen vorgestellt, deren Prinzip auf der Stoffstrombeeinflussung durch veränderliche konstruktive Elemente des Druckstromerzeugers bzw. der Veränderung seiner Betriebsweise beruht. Auf der Grundlage analytischer Betrachtungen der Einflußgrößen der Stoffstrombeeinflussung wurden beide Möglichkeiten in ihrer Wirksamkeit gegenübergestellt und Schlußfolgerungen auf die industrielle Anwendbarkeit in technischer und ökonomischer Hinsicht gezogen.

Neue Erkenntnisse zur Verbesserung des Standes der Technik wurden in den folgenden Beiträgen behandelt:

K. Thomas/TH Leipzig: *Kennlinien für Stellventile der Darstellung* $k_p(y)$
Vgl. hierzu den gleichnamigen Beitrag in diesem Heft auf S. 671.

H. Hinrichs und *H. Hesse*/KMAW: *Probleme der Dampfkühlung in Reduzier- und Kühlstationen*

In Dampfkraftwerken und anderen wärmetechnischen Anlagen ergeben sich prozeßabhängig Forderungen nach einem gezielten Druck- und Temperaturabbau des Dampfes. Verwirklicht werden diese Aufgaben durch spezielle Reduzier- und Kühlstationen, die als selbständige oder in das Gesamtsystem integrierte Druck- und Temperaturregelkreise wirksam sind. Weit verbreitet sind solche Einrichtungen mit voneinander getrennten Funktionsabschnitten, in denen Druckabsenkung und Dampfkühlung in gesonderten Reduzierventilen und Kühlstrecken stattfinden. In letzter Zeit haben aufgrund allgemein erhöhter Anforderungen und aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus Dampfumformventile im HD- und ND-Bereich stark an Bedeutung gewonnen. Mit Dampfumformventilen ausgerüstete Stationen sind insbesondere dort von Nutzen, wo eine Dampfkühlung bei großen Dampfdurchsatz- und Dampftemperaturänderungen erfolgen muß. In Dampfumformventilen sind dafür günstige Verdampfungsbedingungen in einem breiten Anwendungsbereich gegeben. Es wurden Erfahrungen mit Dampfumformventilen in 500-MW-Kraftwerken erläutert, die nachweisen, daß Betriebssicherheit und Funktionstüchtigkeit langfristig garantiert werden können, wenn eine sorgfältige Abstimmung der Temperaturregelkreise auf die spezifischen Stelleigenschaften der Ventile vorgenommen wird. Darüber hinaus wurde eine zwangsgesteuerte Düse mit variablem Austrittsquerschnitt vorgestellt, die eine sichere Dampfkühlung auch bei geringen Durchsätzen ermöglicht.

H.-J. *Römmer*/KMAW: *Entwicklung einer Einheitsbaureihe „Hilfsgesteuerte Sicherheitsventile"*

Die Forderungen der Projektanten und Betreiber nach Maßnahmen zur erhöhten Lärmminderung sowie zur Aufnahme definierter Rohrleitungskräfte und -momente durch die Armaturen, führten im VEB MAW Magdeburg zur Aufnahme eines Entwicklungsthemas mit dem Ziel der Fertigung einer Einheitsbaureihe „Hilfsgesteuerte Sicherheitsventile". Dabei waren gleichzeitig neuartige Forderungen des Staatlichen Amtes für Technische Überwachung der DDR nach Erhöhung der technischen Sicherheit zu berücksichtigen. Im Rahmen des Vortrages wurde das ausgewählte Konstruktionsprinzip dargestellt und begründet. Die Hauptventile in den ND-Stufen 16, 40, 100, 400 und den NW-Bereichen 100, 150, 200 und 300 arbeiten nach dem Entlastungsprinzip und sind in Eckform mit Lochkegel und Gehäuseschalldämpfer ausgerüstet. Funktionsmuster ND 100, NW 100/200 wurden auf einem werkseigenen Dampfprüfstand erprobt. Weitere Fertigungsmuster befinden sich in der Industrieerprobung in Kraftwerken der DDR. Die vorliegenden Erprobungsergebnisse und das vorgesehene Fertigungsprogramm hilfsgesteuerte Sicherheitsventile wurden erläutert.

A. Neoral/SIGMA (ČSSR): *Kavitationscharakteristiken von Absperr- und Drosselarmaturen*

Kavitationserscheinungen begrenzen die Funktionssicherheit und Lebensdauer von Armaturen. Im Gegensatz zu Pumpen und Turbinen verursacht der Beginn von Kavitationserscheinungen nur geringfügige Durchflußbeeinträchtigungen, die eine genauere Spezifikation des Umfanges erschweren. Ausgehend von den in den letzten Jahren weitgehend erforschten Zusammenhängen zwischen Kavitation sowie Lärm- und Vibrationsbildung wurden Methoden der Reproduzierbarkeit elektroakustischer Messungen und die Übertragbarkeit der Ergebnisse von Modelluntersuchungen erörtert. Am Beispiel von Untersuchungen an Absperrklappen und Kugelhähnen der NW 300 auf der Hochparameter-Kavitationsmeßstrecke in einem Wasserkraftwerk wurden Schlußfolgerungen auf die Verwertbarkeit von Druckmeßgrößen vor und hinter den Drosselelementen für die Kavitationsbestimmung von Großarmaturen gezogen und Vorschläge für die Vereinheitlichung der Kavitationsbestimmung unterbreitet.

R. Beldiman/SR Rumänien: *Pneumatisch-hydraulischer Kolbenantrieb für Armaturen mit 90° Drehbewegung*

Mit der weiteren Mechanisierung und Automatisierung des Anlagenbetriebes gewinnt die Fernbedienung und Steuerung von Armaturen ständig an Bedeutung. Pneumatisch-hydraulische Antriebe haben dabei aufgrund kurzer Schaltwege, geringen Bauvolumens und schneller Verfügbarkeit wirtschaftliche Vorteile. Es wurde eine neue Baureihe dieser Antriebe für die bevorzugte Betätigung von Absperrklappen und Kugelhähnen vorgestellt, die sich gegenüber den bisher produzierten Ausführungen durch größere Stellkräfte, kompakten raumsparenden Aufbau, geringere Masse und erhöhte Anwendungsbreite und Funktionssicherheit auszeichnet. Die konstruktive Lösung berücksichtigt dabei sowohl einfachwirkende als auch doppeltwirkende Funktionen mit variablen Stellgeschwindigkeiten und einstellbaren Endlagenbegrenzungen. Damit ist eine exakte Anpassung an die Schließ- und Öffnungscharakteristiken von Absperrklappen z. B. zur Vermeidung von Druckstößen möglich.

V. P. Aismont/UdSSR: *Neue Baureihe unifizierter Druckregler für große Differenzdrücke*

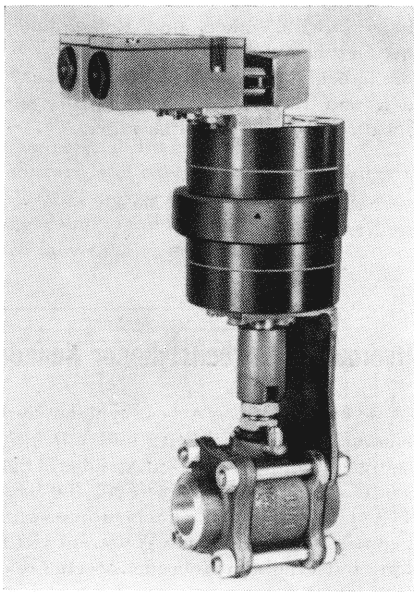
Im Rahmen der Zusammenarbeit zwischen dem ZKB Leningrad und dem Armaturenkombinat MAW wurde eine Rekonstruktion und Vereinheitlichung von Druckreglern ohne Hilfsenergie der ND-Stufe 64 in den NW 25, 50, 80, 100 und 150 vorgenommen. Die neue Baureihe weist hohen Unifizierungsgrad, günstige akustische Eigenschaften, hohe dynamische Stabilität und kavitationsfreie Gestaltung der Drosselelement auf.

msr 7313 *J. Müller*

MAW-Kugelhähne mit pneumatischen Stellantrieben

Für den Einsatz in Automatisierungsanlagen werden MAW-Kugelhähne NW 15—50, ND 40 nach TGL 29335 mit pneumatischen Import-Drehflügelantrieben ausgerüstet (Bild). Durch eine variable Zuordnung der Antriebs-Nenngrößen ist eine Anpassung an unterschiedliche Steuerdrücke im Bereich 0,3 bis 1 MPa möglich, wobei die Auswahl vom Hersteller vorgenommen wird. Die Konstruktion der Verbindungsteile berücksichtigt die unterschiedlichen Anschlußmaße sowohl der einzelnen Kugelhahn-Nennweiten als auch der verschiedenen Antriebs-Nenngrößen und ermöglicht im Bedarfsfall ein Auswechseln des Stellantriebs ohne Unterbrechung des Prozesses in der Rohrleitungsanlage.

Eine Nothandbetätigung kann bei Ausfall der Hilfsenergie mit normalen Werkzeugen (Schraubenschlüssel) an der Kupplung zwischen Antriebswelle und Schaltwelle des Kugelhahnes durchgeführt werden. Diese Kupplung übernimmt gleichzeitig die optische Anzeige der vom Absperrelement der Armatur momentan eingenommenen Schaltstellung. Für die Fernanzeige der Endstellung sind am Antrieb 2 elektrische Kontaktgeber System Bernstein, Typ KU 1—R, angebracht. Prinzipiell besteht auch die Möglichkeit, andere Schaltertypen und -arten anzuordnen. Die Produktionseinführung ist für 1981 vorgesehen.
Hersteller: VEB MAW/Armaturenkombinat. msr 7281 *R. Menke*



Ventilmehrfachunterplatten

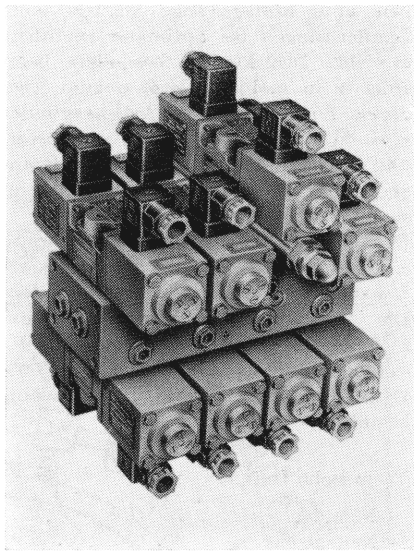
Die Ventilmehrfachunterplatten, Nennweite 6, 10 und 20, Nenndruck 32 MPa, nach TGL 36492, sind eine Neuentwicklung. Sie gestatten die Montage mehrerer Wegeventile für Unterplattenanbau mit international abgestimmten Anschlußmaßen auf eine kompakte Unterplatte in Parallelschaltung. Hierbei werden die Druck- und Ablaufanschlüsse (P- und T-Kanäle) der Wegeventile in der Ventilmehrfachunterplatte zusammengefaßt, während die Verbraucheranschlüsse (A- und B-Kanäle) aller Wegeventile getrennt über die Ventilmehrfachunterplatte zum Verbraucher geführt werden. Die Ventilmehrfachunterplatten werden mit ein- oder zweiseitiger Montagefläche ausgeführt. Zwischen Ventilmehrfachunterplatte und Wegeventil für Unterplattenanbau, Nennweite 6 und 10, können Höhenverkettungseinheiten mit Druck-, Strom- und Sperrventilen angeordnet werden. Darüber hinaus ist der Anbau unifizierter Längsverkettungseinheiten, mit deren Hilfe die Montage weiterer Wege-, Druck-, Strom- und Sperrventile, auch in Reihenschaltung, gewährleistet ist, möglich. Durch den zusätzlichen Einsatz der Längs- und Höhenverkettungseinheiten nach TGL 26215 sind die Ventilmehrfachunterplatten außerordentlich vielseitig verwendbar.
Mit der Montage der genannten Ventile, Längs- und Höhenverkettungseinheiten auf die Ventilmehrfachunterplatte können in wirtschaftlichster Weise unter ausschließlicher Verwendung standardisierter Bauelemente komplette Steuersäulen für die unterschiedlichsten Finalerzeugnisse hergestellt und damit aufwendige Verrohrungsarbeiten eingespart werden. Die Ventilmehrfachunterplatte weist gegenüber den bisher eingesetzten Einzelverkettungen folgende Vorteile auf:

- verringerter Masseeinsatz bis zu 65%
- Verringerung des Bauvolumens
- Erhöhung der Dichtheit durch verringerte Anzahl der Dichtstellen

Technische Daten:

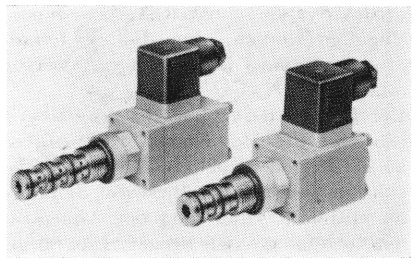
— Nenndruck	32 MPa
— Nennweite	6—10—20
— max. Anzahl der montierbaren Wegeventile	
· bei einseitiger Montagefläche	5
· bei zweiseitiger Montagefläche	8 (Bild)
— Fluidtemperaturbereich	—40 bis 80 °C
— Viskositätsbereich	10 bis 1200 · 10^{-6} m²/s

Hersteller: VEB Kombinat ORSTA-Hydraulik. msr 7263



Wegeventile für Bohrungseinbau

Neben den Wegeventilen für Unterplattenanbau mit international abgestimmten Anschlußmaßen haben auch die Wegeventile für Bohrungseinbau, Nennweite 4, Nenndruck 32 MPa, nach TGL 26223/20, eine breite Anwendung gefunden. Sie wurden weiterentwickelt und können künftig mit erhöhten Funktionsparametern eingesetzt werden (Bild).
Die Anschlußmaße der Wegeventile für Bohrungseinbau gewährleisten eine Montage in Aufnahmebohrungen gemäß RGW-Standard. Ausgeführt sind sie mit Kolbenlängsschieber für zwei und drei Hauptanschlüsse. Die eingesetzten neuartigen druckdichten Steuermagnete für Gleich- und Wechselspannung nach TGL 32094 sind direktwirkend und gewährleisten 2 Schaltstellungen des Kolbenlängsschiebers.



Die Ventile können besonders vorteilhaft für die Schaltung von Hilfs- und Steuerkreisläufen eingesetzt werden, wobei geringe Abmessungen und geringe Masse der Geräte, bezogen auf die schaltbaren hydraulischen Leistungen, sowie hohe Zuverlässigkeit und Lebensdauer hervorzuheben sind.
Sie haben sich bereits in vielen Maschinen und technologischen Anlagen der Industrie hervorragend bewährt.

Technische Daten:

— Nenndruck	32 MPa
— Nennweite	4
— max. Volumenstrom	10 dm^3/min
— Hauptabmessungen	35 × 35 × 125 mm
— Masse	0,6 kg
— Schaltzeiten	
· GS-Magnet	etwa 40 ms
· WS-Magnet	etwa 20 ms
· Feder	etwa 30 bis 200 ms
— Haltezeit	bis 8 h
— garantierte Lebensdauer	$30 \cdot 10^6$ Schaltungen

Hersteller:
VEB Kombinat ORSTA-Hydraulik.

msr 7264

Schwellwertbereich aller Ventile überstreicht und nacheinander die unterschiedlichen Schaltfunktionen auslöst.
Das einstellbare Druckschaltventil besteht aus den Baugruppen Schwellwerteinsteller und Wegeventilkombination. Dabei ist der Anbau von 2/2-Wegeventilen (Typ 16.1 × 23.11) oder von 3/2-Wegeventilen (Typ 19.1 × 23.11) nach TGL 20708/01 möglich.
Entwickler: Neuererkollektiv aus dem VEB Möbelkombinat Zeulenroda; Nachnutzung ist entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen möglich.

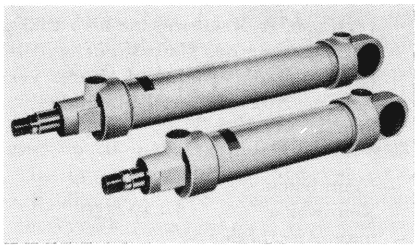
msr 7261 *S. Reinhold*

Hydraulische Arbeitszylinder Nenndruck 16 MPa, TGL 21553/01

Diese hydraulischen Arbeitszylinder sind einstufig, doppeltwirkend und mit einseitiger Kolbenstange ausgeführt. Sie werden in den Nenngrößen 90, 100 und 110 mit und ohne Endlagenbremsung gefertigt. Sie stellen eine Weiterentwicklung mit erhöhten Gebrauchswerten der Arbeitszylinder, gekennzeichnet durch wesentlich höhere Werte für Dichtheit und Lebensdauer, dar (Bild). Mit den angewandten Abdichtprinzipien an Kolben und Kolbenstange werden hohe Laufleistungen bei optimaler Dichtheit erreicht. Das kommt besonders beim Einsatz in mobilen Geräten zum Ausdruck. So werden diese Arbeitszylinder z. B. in dem Kran T 174-2 eingesetzt, und sie erfüllen hier bei robuster Beanspruchung mit hoher Zuverlässigkeit die an sie gestellten Forderungen.
Durch das Konstruktionsprinzip konnte eine wesentliche Verbesserung des Masse-Leistungs-Verhältnisses erreicht werden. Die Anschlußmaße der neuen Arbeitszylinder entsprechen denen des abzulösenden Erzeugnisses nach TGL 21553/03. Damit ist die Austauschbarkeit gewährleistet.

Technische Daten:

— Nenndruck	16 MPa
— Nenngröße	90, 100, 110
— Kolbendurchmesser	90, 110, 110 mm
— Befestigungsarten	Schwenklager Gelenklager Schwenkzapfen Flansch, bodenseitig Flansch, ausfahrseitig Fuß, tangential



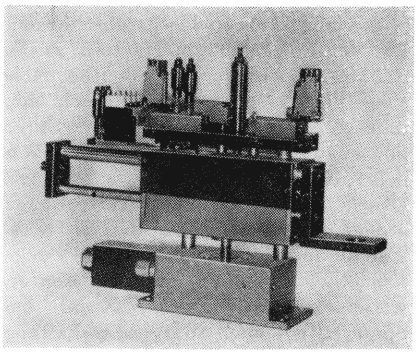
— Einsatzbereich	
· Umgebungstemperatur	−25 bis 80 °C
· Fluidtemperatur	−20 bis 80 °C
· Viskosität	10 bis 120 · 10^{-6} m^2/s
· Kolbengeschwindigkeit	0,01 bis 0,5 m/s

Hersteller:
VEB Kombinat ORSTA-Hydraulik.

msr 7265

Lineartransportarm

Der Lineartransportarm Typ 5.3110 (Bild) dient zu Zuführ- und Einlegearbeitsgängen in der Feinwerktechnik, u. a. zur Beschickung von Bearbeitungsautomaten, Pressen und Montageautomaten. Seine kleine Breitenabmessung und die Linearbewegung machen seinen Einsatz auch an Maschinen mit wenig Platzangebot möglich. Der Transportarm führt horizontal und vertikal eine stufenlos einstellbare Linearbewegung aus. Der Antrieb erfolgt pneumatisch. Die Endlagen sind jeweils durch Mikroendschalter abgesichert. Ein Pressensicherungsschalter sowie 3 Mikroschalter für den Vertikalhub ermöglichen eine zusätzliche Absicherung des Armes bzw. die Steuerung von Pressen o. ä. Maschinen. Eine weitere mechanische Sicherung garantiert, daß der Vertikalhub erst nach beendetem Horizontalhub einsetzt und umgekehrt.



Technische Daten

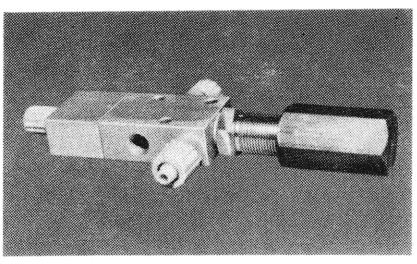
Horizontalweg:	100 mm
Vertikalweg:	15 mm
Masse:	etwa 8 kg
Antrieb:	Druckluft von 200 bis 250 KPa
Bewegungsdämpfung:	über Drosselrückschlagventil.

Entwickler: Neuererkollektiv aus dem VEB Uhrenwerke Ruhla (Patent angemeldet); Nachnutzung ist entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen möglich.

msr 7252

Einstellbares Druckschaltventil für Arbeitspneumatik

Das im Bild vorgestellte Ventil dient der druckabhängigen Weitergabe von Pneumatiksignalen im Bereich von 0,3 bis 0,63 MPa. Es stellt somit einen pneumatischen Schwellwertschalter mit einstellbarer Schwelle dar und kann direkt in das System von ORSTA-Pneumatik eingefügt werden, ohne daß auf fremde Steuersysteme übergegangen werden muß.
Der Einsatz derartiger Druckschaltventile gibt die Möglichkeit zum Aufbau komplizierter druckabhängiger Folgesteuerungen und gewährleistet damit eine optimale Anpassung der Anlage an den technologischen Prozeß. Programmsteuerungen lassen sich durch die Kombination mehrerer Schaltventile zu einer Druckstufenkaskade realisieren, indem ein analog ansteigendes Druckluftsignal innerhalb einer bestimmten Zeit den



Steuerung für hydraulische Werkzeugspanneinrichtungen an Werkzeugmaschinen

DDR-WP 135 704, Klasse B 23 Q, Gruppe 3/08, 3 Anspruchspunkte, 3 Zeichnungen, Anmeldung: 19. April 1978, Ausgabe: 23. Mai 1979, Inhaber: *Siegfried Müller, Stefan Sommerschuh, Edgar Roch*

Die von Spannzylindern *3* in Spannbacken *2* gehaltenen Werkstücke *1* werden mit Arbeitsvorschub am Fräswerkzeug *4* vorbeigeführt. Außerhalb des Werkzeugeingriffs wird das nächste zur Bearbeitung bereitgestellte Werkstück *1* im Eilgang an das Fräswerkzeug *4* herangeführt. Die Arbeitsgang–Eilgang–Arbeitsgang-Steuerung erfolgt durch nicht dargestellte Nocken.

Der vom Druckstromerzeuger *5* bereitgestellte Druckölstrom in der Leitung *6* wird über eine Drehzuführung *7* zu den auf der sich drehenden Spanntrommel *8* befindlichen tastrollenbetätigten Wegeventilen *9* und weiter über die entsperrbaren Rückschlagventile *10* zu den Spannzylindern *3* geführt. Des weiteren erfolgt eine direkte Zuführung des Druckölstromes in der Leitung *6* vom Druckstromerzeuger *5* zum elektromagnetisch schaltbaren Wegeventil *11* über das entsperrbare Rückschlagventil *12* zum Betätigungszylinder *13* für das schaltbare Steuersegment *14*.

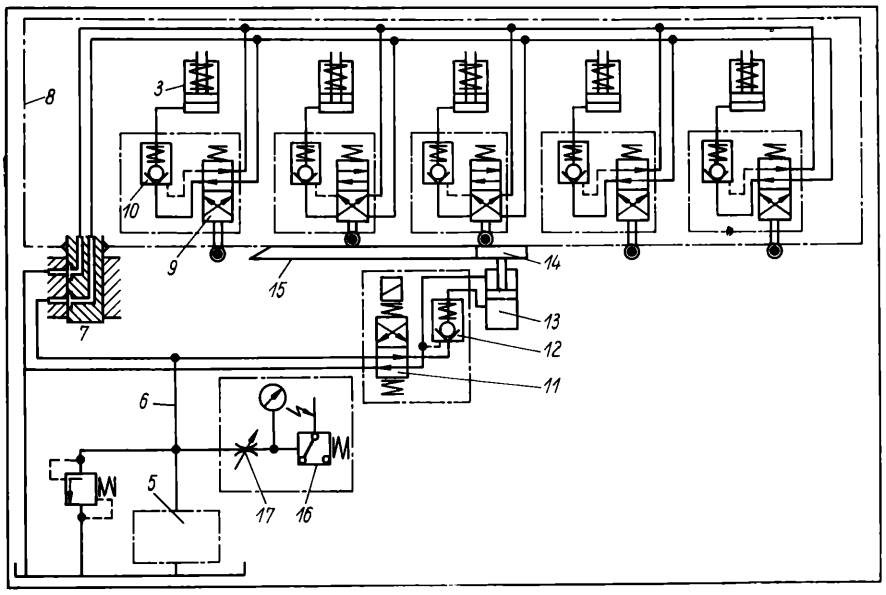
Sind die Wegeventile *9* durch auf die am Maschinengestell angeordneten Steuersegmente *14* beziehungsweise *15* betätigt, so sind die diesen zugeordneten Spannbacken *2* geöffnet.

Der Einlege- und Spannbereich (Winkel α''') ist an einer für das Einlegen und Fixieren der Werkstücke *1* günstigen Stelle angeordnet. Das Einlegen der Werkstücke *1* erfolgt während des Arbeitsvorschubes, der den Winkel α' bildet ($\alpha''' = \alpha'$). Dabei befindet sich das schaltbare Steuersegment *14* von Anfang an in vorderer Schaltstellung. Die Spanntrommel *8* wird während eines Arbeitsvorschubes um den Winkel α' am Fräswerkzeug *4* vorbeibewegt. Dabei bewegt sich ein Wegeventil *9* mit seiner Tastrolle auf dem schaltbaren Steuersegment *14* um den Winkel α'' ($\alpha'' = \alpha'$). Das schaltbare Steuersegment *14* muß so ausgelegt sein, daß die Tastrolle mindestens über dem Winkel α'' auf ihm verbleibt.

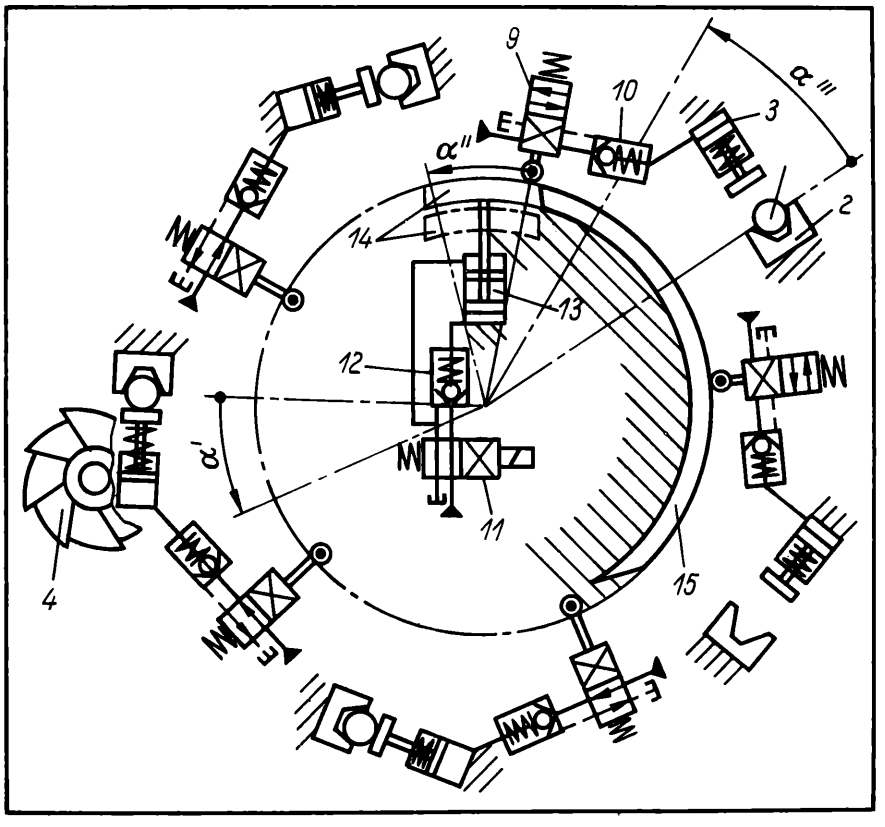
Wird ein Werkstück *1* gleich zu Beginn des Arbeitsvorschubes eingelegt, kann unmittelbar danach das Spannen der Spannbacken *2* durch Zurückziehen des schaltbaren Steuersegmentes *14* mittels Umschaltung des elektromagnetisch betätigbaren Wegeventiles *11* ausgelöst werden.

Während der Eilgangbewegung wird das schaltbare Steuersegment *14* wieder in die vordere Ausgangsstellung gebracht, so daß ein nachfolgendes Wegeventil *9* mit seiner Tastrolle ohne umzuschalten vom feststehenden Steuersegment *15* auf das schaltbare Steuersegment *14* gelangt. Nachdem das Werkstück *1* die Bearbeitungsstation durchlaufen hat, läuft beim Weiterdrehen der Spanntrommel *8* die Tastrolle des zugehörigen Wegeventiles *9* auf das feststehende Steuersegment *15* auf. Die Umschaltung dieses Wegeventiles *9* bewirkt ein Entsperren des entsperrbaren Rückschlagventiles *10*, und das im Spannzylinder *3* vorhandene Öl wird durch die Federrückführung nahezu drucklos in die Rücklaufleitung befördert. Dabei öffnet sich die Spannbacke *2*. Die Druckölstrombereitstellung erfolgt über im Förderstrom stellbare beziehungsweise regelbare Pumpen oder pneumatisch angetriebene Druckübersetzer, da diese sehr kleine Antriebsleistungen benötigen.

msr 7180



1 Werkstücke, *2* Spannbacken, *3* Spannzylinder, *4* Fräswerkzeug, *5* Druckstromerzeuger, *6* Leitung, *7* Drehzuführung, *8* Spanntrommel, *9*; *11* Wegeventile, *10*; *12* Rückschlagventile, *13* Betätigungszylinder, *14*; *15* Steuersegmente



Handbuch SI-Einheiten. Von *S. German* und *P. Draht*. Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn 1979. 460 Seiten, 104 Bilder, 67 Tafeln.

In den letzten Jahren hat man in allen Industrieländern große Anstrengungen unternommen, um das Internationale Einheitensystem (SI) einzuführen bzw. in großem Umfang durchzusetzen. Zu diesem Zweck erschienen viele Publikationen, in denen die Vorteile des SI propagiert und dem Leser handliche Umrechnungstabellen alter Einheiten in SI-Einheiten angeboten wurden.
Inzwischen ist nun in vielen Ländern eine gewisse Konsolidierung eingetreten; das SI ist weitgehend akzeptiert, und es existieren Gesetze oder Standards (in der DDR TGL 31 548), in denen die Ablauffristen für die abzuschaffenden SI-fremden Einheiten exakt festgelegt sind. Die weiteren Schwierigkeiten beim Übergang zum SI sind deshalb nicht mehr prinzipieller Natur, sondern dürften mehr auf organisatorischem Gebiet liegen.
Es war deshalb gerechtfertigt, den derzeitigen Wissensstand über alle das SI betreffenden Probleme einmal zusammenfassend in einem größeren Werk darzustellen. Dieser Aufgabe haben sich die Autoren — beide Mitarbeiter der PTB — mit großem Geschick unterzogen. Nach einer knappen, aber instruktiven Zusammenfassung der Grundlagen des SI wird seine Anwendung in Medizin, Chemie und Gastechnik erläutert. Dann folgen ein kurzer Rückblick auf die nunmehr 100jährige Geschichte der Meterkonvention und ein Überblick über die Verbreitung des SI in der Welt.
Der Schwerpunkt des Buches liegt auf der meßtechnischen Seite der Einheitendarstellung und -bewahrung und bei den Problemen der Präzisionsmeßtechnik, die bei der Weitergabe von Einheiten an Normale niedrigerer Genauigkeit auftreten. Dabei wird die Entwicklung in der Vergangenheit nur soweit kurz gestreift, wie sie für das Verständnis der heutigen Probleme notwendig ist. Der derzeitige Stand wird dagegen ausführlich geschildert, und es werden die jetzt schon erkennbaren Möglichkeiten neuer Einheitendefinitionen oder -darstellungen diskutiert, z. B. die Darstellung des Meters mit Hilfe von Lasern und die neue Candela-Definition.
Des weiteren werden grundlegende Begriffe der Größen- und Einheitenlehre und der Meßtechnik erklärt. Die Berechnung von Meßfehlern und Meßunsicherheiten dagegen ist von den Autoren bewußt ausgeklammert worden, weil dieses Gebiet z. Z. stark im Fluß ist und sie eine Zusammenfassung von Teilergebnissen für verfrüht halten.
In einem umfangreichen Anhang (73 Seiten) sind schließlich einschlägige Gesetze, Verordnungen und Richtlinien der BRD und der EG über Einheiten im Meßwesen, Umrechnungsbeziehungen, Standardverzeichnisse und andere Übersichten abgedruckt.
Das Buch ist die bislang umfassendste Darstellung aller mit dem SI in Zusammenhang stehenden Probleme. Es vermittelt sowohl einen ausgezeichneten Überblick als auch — dank der vielen Tafeln — eine Fülle von Details. Besonders hervorzuheben sind die vielen Informationen, die üblicherweise nicht publiziert werden, z. B. über noch offene Diskussionspunkte, über sich abzeichnende Möglichkeiten und Tendenzen. Einschränkend muß allerdings gesagt werden, daß die Autoren, wenn sie in organisatorische Details gehen, ausschließlich auf die Vorschriften der BRD und der EG Bezug nehmen.

B 1421 *R. Fischer*

Grundlagen der ingenieurpsychologischen Projektierung von ASU TP. Von *A. J. Galationov*. Moskau: Energija. 208 Seiten, 74 Bilder, 10 Tafeln.

Der Autor legt die Erfahrungen seines Kollektivs und die Ergebnisse internationaler Forschungen auf dem Gebiet der ingenieurpsychologischen Projektierung moderner Leitstände und Warten automatisierter Systeme zur Steuerung technologischer Prozesse (ASU TP) dar.
Die Monographie behandelt die Ausarbeitung theoretischer Grundlagen der Projektierung von Mensch-Maschine-Kommunikationssystemen als Bestandteil von ASU TP. Wesen, Aufgaben und Methoden der ingenieurpsychologischen Projektierung werden analysiert. Die Untersuchungsergebnisse der psychologischen Tätigkeit des Operateurs sind die Basis für die Aufstellung theoretischer Modelle u. a. mit analytischen Methoden. Die Tätigkeit des Operateurs wird durch Näherungsmodelle beschrieben, mit deren Hilfe die wichtigsten Aufgaben der Gestaltung der Mensch-Maschine-Kommunikation gelöst werden. Eine besondere Rolle spielen dabei vielfältige Prinzipien und Möglichkeiten der Informationsdarstellung zur Gewährleistung einer effektiven Wechselwirkung von Automatik und Mensch. Methoden und Mittel zur Untersuchung und Bewertung von Mensch-Maschine-Systemen werden im Anlagenlabor des TPU Moskau an universellen Simulationskomplexen unter verschiedenen Aspekten betrachtet. Das Buch schließt mit der Beschreibung und Wertung perspektivischer Prinzipien, Methoden und Mittel zur Informationsdarstellung, die am Beispiel des Leitstandes eines Zementwerkes erläutert werden. Die neuen Möglichkeiten der Mikrorechentechnik bei der ingenieurpsychologischen Gestaltung von Leitstationen finden im Buch naturgemäß noch keinen Niederschlag.

B 1313 *G. Müller*

Regelungstechnik in Bildern (Eine Einführung in 4 Bänden). Von *E. Schmäing*. Würzburg: Vogel-Verlag 1978/1979. Insgesamt 570 Seiten, 456 Bilder.

Mit den vorgelegten 4 Bänden verfolgt der Verfasser das Ziel, eine Einführung in die Regelungstechnik zu geben. Dazu stützt er sich weitgehend auf anschauliche Bilder und Grafiken und versucht, mathematische Darstellungen auf ein Minimum zu beschränken.
Im Band 1 werden zunächst vor allem typische Regelkreisglieder und Bauelemente pneumatischer Meßumformer und Regler besprochen.
Band 2 orientiert mit Bezug auf Band 1 auf die Erläuterung kompletter pneumatischer Meßumformer und Regler; die Ausführungen werden durch übersichtliche Skizzen, Diagramme und Gleichungen ergänzt und verdeutlicht.
Im Band 3 erfolgt eine Verallgemeinerung der aus Band 1 und 2 erworbenen Kenntnisse; das Blockschaltbild wird eingeführt, und einige Mittel zur Beschreibung des Zeitverhaltens werden vorgestellt. Das Zeitverhalten von Regelkreisen wird besprochen, und Erläuterungen zu Gütekriterien, Einstellregeln usw. werden gegeben. Schließlich wird auf elektrische Einheitsregler eingegangen.
Im Band 4 behandelt der Verfasser Aufbau, Kennlinien und Kennwerte von Ventilen, erläutert pneumatische Ventilantriebe und gibt einen groben Überblick zur Gestaltung von Leitständen und Meßwarten.
Auf den 570 Seiten ist dem Verfasser eine anschauliche Darstellung des gewählten Stoffumfanges gelungen. Bezüglich des Gesamtanliegens der Regelungstechnik läßt der gebotene Stoffumfang jedoch noch eine Reihe von Wünschen offen.
Der Leserkreis für dieses Buch dürfte vornehmlich im Kreis der Autodidakten, weniger im Kreis der in der Ausbildung Stehenden zu suchen sein.

B 1404 *H. Töpfer*

Automatisierte Systeme zur Steuerung der Betriebe (ASUP). Moskau: Energija 1978. 224 Seiten, 72 Bilder, 72 Tafeln.

Die wachsende Kompliziertheit und das hohe Entwicklungstempo der industriellen Produktion, die wachsende Nomen-

klatur und die starken Schwankungen im Produktionsprofil, die große Anzahl der wechselwirkenden Betriebe und Organisationen sowie deren Wirtschaftsbeziehungen erfordern u. a. verstärkte Anstrengungen zur Vervollkommnung der Steuerung von Betrieben. Einen wesentlichen Anteil zur Lösung dieser Aufgabe haben dabei in der UdSSR die realisierten Arbeiten zur Entwicklung und Einführung von ASUP entsprechend den Richtlinien des Volkswirtschaftsplans. In der Vergangenheit wurden bereits umfangreiche praktische Erfahrungen gesammelt und entsprechende wissenschaftliche und methodische Grundlagen für die Entwicklung derartiger ASUP gelegt.
Ziel des vorliegenden Nachschlagewerkes ist es, die vorhandenen Materialien und Erfahrungen zu verallgemeinern. Das Buch besteht aus 9 Abschnitten. Anfangs werden Fragen zur organisatorisch-ökonomischen Konzipierung von ASUP behandelt und die funktionelle Struktur eines ASUP hergeleitet. Auf dieser Grundlage geben die Autoren eine Beschreibung der grundlegenden Teilsysteme von ASUP, z. B. technische Produktionsvorbereitung, technisch-ökonomische Planung, Abrechnung, operative Steuerung der Produktion, materiell-technische Versorgung, Hilfsprozesse, Realisierung und Absatz u. a. Daran anschließend werden ASUP und ihre Elemente klassifiziert, vorhandene ASUP beschrieben sowie entsprechende Anforderungen an deren Funktionsweise hergeleitet.
Den größten Teil der Arbeit nehmen die Kapitel ein, in denen die Methodologie der Vorbereitung, Projektierung und Einführung von ASUP behandelt werden. Eine große Rolle kommt dabei den Typenprojekten zu. In der UdSSR wurden bereits für mehr als 50 Hauptaufgaben der Steuerung derartige Typenlösungen entwickelt. Abschließend ermitteln die Autoren Normative für die Effektivität und den Aufwand und untersuchen Probleme der Entwicklung von ASUP auf der Grundlage der Rechentechnik der dritten Generation. Die Ausführungen beruhen weitgehend auf staatlich bestätigten methodischen Richtlinien und Standards der Industriezweige und enthalten verallgemeinert insbesondere die Erfahrungen der im 8. und 9. Fünfjahrplan entstandenen ASUP. B 1377 *K.-H. Winter*

Rechnerarchitektur. Grundlagen und Verfahren. Von *A. Bode* und *W. Händler*. Westberlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1980. 278 Seiten, 140 Bilder, 37 Tafeln.

Durch die immer dominantere Bedeutung der Mikrorechentechnik, die im Sinne von Funktionseinheiten auch in der Großrechentechnik Einzug gehalten hat, sind die Grenzen zwischen den Architekturen von Rechnern und den Strukturen von Systemkonfigurationen stark verwischt oder sogar aufgehoben worden. Diesem Trend, der allerdings nicht nur durch die Einflüsse moderner Hardware-Technologien, sondern auch durch aktuelle, effektivere Software-Entwicklungen und EDV-Methodiken in starkem Maße geprägt wird, trägt dieses Buch sowohl aus praktischer als auch aus theoretischer Sicht in überzeugender Weise Rechnung. Die Autoren gehen dabei von Grundgedanken und Problemen aus, die heute mit dem Entwurf von Rechnersystemen verbunden werden müssen und die noch völlig neue Möglichkeiten zu erschließen gestatten, wie beispielsweise umfangreiche synchron gesteuerte Parallelabläufe komplexer Algorithmen, Kommunikation unabhängiger Prozessoren in großen Rechnerfeldern oder linguistisch nichtlineare algorithmische Darstellungen und Kommunikationsformen. Folgerichtig ist dazu erst einmal eine ausführliche Auseinandersetzung mit den Kriterien und Methoden zur Bewertung der Leistungsfähigkeit von EDV-Anlagen notwendig. Selbstverständlich sind auch in einem Kapitel die formalen Hilfsmittel des Architektur-Entwurfes dargestellt. Weitere interessante Kapitel sind dann den Komponenten von Rechnerarchitekturen gewidmet. Das sind zum einen die modernen Hardware-Komponenten (einschließlich spezieller Speicher), die in ihrer technologischen Entwicklung und ihrem diesbezüglichen Einfluß auf die Architektur betrachtet werden; zum anderen sind es die beiden wesentlichsten Komponenten, die gegenwärtig in starkem Maße die Software und den Programmablauf beeinflussen, nämlich die Busse und die Mikroprogrammierung.
Die instruktiven Darstellungen in Bildern, Tabellen und Diagrammen unterstützen in ausgezeichneter Weise das Anliegen des Buches, eine echte Hilfe für Projektanten und Applikanten von Rechnern und EDV-Systemen zu sein.
B 1403 *S. Pilz*

Anwendung der Graphentheorie zur Mustererkennung. Von *A. V. Karelina* und *Ju. N. Pečerskij*. Kišinev: Štiinca 1978. 90 Seiten, 13 Bilder, 8 Tafeln.

Die Theorie der Mustererkennung erhält gegenwärtig außer in der Steuerung und technischen Projektierung auch in solchen Gebieten wie der Neurophysiologie, Soziologie und auf anderen Gebieten als wichtiges Untersuchungsinstrument Bedeutung. Die Aufgabe der Mustererkennung zerfällt in eine Reihe von Teilaufgaben wie detaillierte Analyse zu erkennender Objekte, Auswahl einer geeigneten Kodierung zur Beschreibung, Auswahl wesentlicher Kennzeichen, Aussonderung unabhängiger Kennzeichen im Kennzeichenraum, Klassifikation u. a. Erforderlich wird ein einheitliches Herangehen an die Lösung der in diesen Etappen entstehenden Aufgaben, wozu ein einheitliches mathematisches Instrumentarium benötigt wird.
In der Monographie wurde versucht, die Ergebnisse der Autoren sowie den insgesamt erreichten Stand auf dem Gebiet der Mustererkennung in einen solchen Rahmen einzuordnen. Dabei erwiesen sich die Ideen und Methoden der Graphentheorie als besonders geeignet. Die Autoren geben dafür folgende Gründe an:

- Die Graphentheorie ist ein hinreichend allgemeines Instrumentarium zur Beschreibung und Lösung einer hinreichend allgemeinen Aufgabenklasse.
- Eine Vielzahl rechentechnischer und mathematischer Methoden ergänzt die Möglichkeiten dieser Theorie.
- Die Graphentheorie verwendet anschauliche Begriffe, und die Lösung einer Vielzahl von Aufgaben der Graphentheorie wurde bis zur rechentechnischen Realisierung geführt.

Nachdem die Autoren eine Methodik angeben, wie die Objekte als Graphen dargestellt werden können, behandeln sie die Algorithmen zur Analyse und äquivalenten Umformung der Beschreibungen sowie zur Auswahl unabhängiger Kennzeichen, ihrer Minimierung und Wichtung. Ein Kapitel ist der Taxonomie gewidmet. Die entsprechenden Lösungsalgorithmen beruhen auf speziellen Graphen, die gleichzeitig eine hierarchische Klassifikation ermöglichen. Abschließend enthält die Arbeit Realisierungen der konkreten Erkennungsalgorithmen und Anwendungen in der Biologie, Paläontologie, Agrochemie, Soziologie. B 1302 *J. Peters*

Formale Modelle für Informationssysteme (Informatik-Fachberichte, Bd. 21). Herausgeber: *H. C. Mayr* und *B. E. Meyer*. Westberlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1979. 265 Seiten, 67 Bilder.

Der Fachausschuß 5/7 („Rechnergestützte Informationssysteme") der Gesellschaft für Informatik hat die Gründung einer Fachgruppe „Methoden und Modelle für die Entwicklung von Informationssystemen" angeregt, von deren erster Veranstaltung (24. bis 26. Mai 1979 in Tutzing) die vorgelegten Beiträge stammen. Auf der Suche nach einem zusammenhängenden einheitlichen Konzept für (formale) Beschreibung und Analyse bzw. Planung und Entwurf von Informationssystemen wurde ein Überblick über den derzeitigen Stand vermittelt. Die vier Hauptabschnitte „Modelle für die Praxis", „Integration und Bewertung von Informationssystemen", „Beschreibungsmethoden" und „Netztheorie" werden jeweils durch einen Übersichtsbeitrag eingeleitet, der durch ausgewählte Spezialvorträge ergänzt wird. — Im ersten

Abschnitt wird einleitend die bekannte Simulationstechnik zusammenfassend dargestellt (Modelltypen; Zeitabhängigkeit der untersuchten Systeme; Schritte bei der Modellüberprüfung; Einsatz entsprechender Programmiersprachen usw.). Auf ein praktisches Beispiel (Betriebsablauf in einem Kleiderwerk) wird eine formale Beschreibungsmethode angewendet, auf ein Meßwertverarbeitungssystem ein datenstrukturiertes Entwurfsverfahren. Probleme beim Arbeiten mit Daten- und Methodenbanken stehen im Vordergrund des Abschnitts 2. So vergleicht eine Autorengruppe Messung, analytisches Modell und Simulation zur Leitungsanalyse. In den Abschnitten 3 und 4 werden u. a. graphentheoretische Konzepte bei Informationssystemen benutzt, (markierte) Petri-Netze insbesondere werden zur Analyse und Synthese von Systemen angewendet. Arbeiten zum theoretischen Vorlauf stehen neben praxiserprobten Lösungen. Um gegenseitiges Verstehen aufrecht zu erhalten (oder u. U. gar erst herzustellen) wird über ein Vorhaben des Deutschen Instituts zur Normung „Offene Kommunikationssysteme" berichtet, formale Beschreibungsmittel für Datenstrukturen und Funktionen sind vorerst jedoch nur in ihren besonderen Anforderungen hinlänglich bekannt. Einige grundlegende Arbeiten (etwa von *Jackson* oder *Petri*) erscheinen wiederholt in den Literaturverzeichnissen, im Durchschnitt 17 Quellen je Beitrag bei hoher Streuung.

B 1399 *H.-J. Bartsch*

Automatisierte Steuerungssysteme und ihre Adaption. Von *I. M. Bobko.* Novosibirsk: Nauka. Sibirskoe otdelenie. 112 Seiten, 13 Bilder.

Arbeiten zur Entwicklung automatisierter Steuerungssysteme (ASU) werden in der UdSSR seit Mitte der sechziger Jahre mit großer Intensität geführt. Ziel der Arbeit ist es, die Erfahrungen bei der Entwicklung der methodologischen Grundlagen sowie die praktischen Erfahrungen und Realisierungen von ASU in Industriebetrieben zu verallgemeinern. Dabei will der Autor gleichzeitig Wege aufzeigen, wie der Übergang von den Systemen vollzogen werden kann, die gegenwärtig vorrangig Informationssysteme darstellen und zu automatisierten Systemen der optimalen Steuerung entwickelt werden sollen. Folgende Schwerpunkte behandelt der Autor:

- Struktur und Bestandteile der ASU
  Formuliert werden eine Reihe grundlegender Prinzipien zur konstruktiven Gestaltung der ASU und zu ihren Besonderheiten.
- Informationelle Basis der ASU
  Insbesondere geht es dem Autor um die rationelle Informationserfassung, eine Strukturierung der Informationsmassive sowie um die Verdichtung der Information. Angestrebt wird eine dem hierarchischen Steuerungssystem angepaßte Informationsstruktur.
- Hardware der ASU
  Gegeben werden Empfehlungen zur rationellen Anordnung der Rechentechnik und zum Zusammenhang zwischen konkreter ASU-Gestaltung und rechentechnischer Konfiguration.
- Adaptive ASU
  Entwickelt wird eine konkrete Software zur dreistufigen Gestaltung eines ASU, wobei in der ersten Stufe die mathematischen Methoden der konkreten Information und in der zweiten die typischen Aufgaben der Spezifik des Objektes angepaßt werden.
- Weiterentwicklung der Technologie der Steuerung unter Berücksichtigung der Anwendung mathematisch-statistischer Methoden. Insgesamt werden die Aussagen illustriert an existierenden ASU, insbesondere an den ASU „Baunau" und „Sigma".

B 1303 *J.-A. Müller*

Qualitative Aspects of Large Scale Systems. Developing Design Rules Using APL. (Lecture Notes in Control and Informations Sciences. Vol. 17) Von *O. I. Franksen, P. Falster* und *F. J. Evans.* Westberlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1979. 119 Seiten.

Unter dem sehr allgemeinen Titel der Monographie verbirgt sich eine auf hohem theoretischen Niveau stehende Abhandlung, in der die qualitativen Aspekte der potentiellen Steuerbarkeit und der potentiellen Beobachtbarkeit großer Systeme diskutiert werden. Ausgehend von den bekannten quantitativen Kriterien der vollständigen Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit linearer zeitinvarianter Systeme werden die qualitativen Konzepte der strukturellen Steuerbarkeit und der strukturellen Beobachtbarkeit motiviert. Die Monographie zeigt, welche fundamentale Bedeutung diese Begriffe für ein prinzipielles Verständnis der strukturellen Eigenschaften von Regelsystemen haben.
Im Teil I werden durch rein algebraische Betrachtungen von Cartesischen und Booleschen Tensoren die Steuerbarkeit und die Beobachtbarkeit im Geiste des „Erlanger Programms" (*F. Klein*, 1872) als tensorielle Symmetrieeigenschaften herausgearbeitet. Im Teil II wird das zu untersuchende System durch einen gerichteten Graphen widergespiegelt, Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit als Invarianzeigenschaften des Graphen beschrieben. Der tensorielle und der graphentheoretische Zugang werden im Teil III gegenübergestellt und als einander ergänzend erkannt. Während die Tensordarstellung auf die Systemaggregation zugeschnitten ist, erweist sich die Graphendarstellung als angepaßter für die Systemdekomposition. Durch Zerlegung des gerichteten Graphen in zyklische Teilgraphen und azyklische Bestandteile wird eine Dekomposition des Gesamtsystems in hierarchisch geordnete Subsysteme erreicht, die weitgehend separat behandelt werden können. Im Rahmen von Symmetriebetrachtungen der dualen Konzepte der Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit wird als Gegenstück zur Ausgangssteuerbarkeit die Eingangsbeobachtbarkeit diskutiert.
Formeln und Algorithmen werden ausschließlich auf der Basis der Programmiersprache APL formuliert, die die Autoren als nützliche Ergänzung der üblichen mathematischen Notation ansehen, da APL Vorteile bei der eindeutigen Darstellung verallgemeinerter algebraischer Operationen mit mehrdimensionalen Feldern bringt und eine interaktive Implementierung von APL sogleich eine experimentelle Erprobung der Algorithmen im Computer-Labor erlaubt. Das Werk ist wohl die erste Monographie, die den Problemen der strukturellen Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit gewidmet wurde. Sie stellt einen wesentlichen Beitrag zur Schaffung qualitativer Entwurfskonzepte für Regelungssysteme dar. Durch eingestreute Beispiele und wiederholte Zwischenzusammenfassungen wurde versucht, die Abhandlung, die eine gute mathematische Allgemeinbildung beim Leser voraussetzt, auch für Ingenieure zugänglich zu machen.

B 1395 *K. Reinschke*

Modellierung und Steuerung sich entwickelnder Systeme. Moskau: Nauka. 264 Seiten, 70 Bilder, 2 Tafeln.

In diesem von der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und dem Institut für Probleme der Leitung herausgegebenen Sammelband werden Arbeiten zur Modellierung komplizierter technischer, ökonomischer und biologischer Systeme zusammengefaßt. Neben allgemeinen Problemen der Modellbildung und Steuerung (Adaption, Klassifikation, Identifikation u. a.) enthält der Sammelband Arbeiten zur Bilanzierung, optimalen Planung und optimalen Steuerung ökonomischer Systeme, darunter zwei Arbeiten zur Anwendung der Spieltheorie. Ein weiterer Abschnitt ist rechentechnischen Systemen sowie der Diagnose und Zuverlässigkeit komplizierter Systeme gewidmet. In dem den mathematischen Optimierungsverfahren gewidmeten Teil werden neben Verteilungsproblemen Suchverfahren und ihre Anwendung behandelt. Ein umfangreicher Teil der Arbeit widmet sich der gerätetechnischen Seite der Automatisierung, wie analogen Speicherelementen, Steuerung von Robotern, Analysatoren für Rauschen, Meßeinrichtungen u. a. Den Abschluß bilden verschiedenartige Untersuchungen von Steuerungsprozessen in biologischen Systemen.

B 1309 *J. Peters*

Anwendung von Mikroprozessoren und Mikrorechnerreglern in der Meß- und Automatisierungstechnik

Dies ist das Thema einer Fachtagung, die von der Sektion Technische Kybernetik und Elektronik, Wissenschaftsbereiche Prozeßmeßtechnik und Regelungstechnik/Prozeßsteuerung der Technischen Hochschule „Otto von Guericke" Magdeburg am 25. und 26. August 1981 veranstaltet wird.
Die Fachtagung wird Fortschritte bei der Meßwerterfassung und der Prozeßsteuerung und -regelung, die sich aus der Anwendung der Mikroelektronik ergeben, behandeln.

Themenkomplexe:
- Signale und Signalübertragung zur Meßwerterfassung
- Analogwerterfassung mit Mikrorechnern
- Spezielle Programmierungsfragen
- Hardware-Probleme der Mikrorechnerperipherie
- Anwendung für Meß-, Steuerungs- und Regelungsaufgaben
- Fragen der Einsatzprojektierung.

Spezielle Fragen werden in einem Rundtischgespräch zur Diskussion gestellt.
Organisation: Dr.-Ing. *Pilz*, TH Magdeburg (Telefon: 59213141).

3. Tagung Industriemathematik

„Mathematik und Informationsverarbeitung in der Technik" lautet das Thema dieser Fachtagung, die vom 1. bis 3. September 1981 von der Sektion Mathematik und Physik der Technischen Hochschule „Otto von Guericke" Magdeburg gemeinsam mit der Sektion Rechentechnik und Datenverarbeitung, der Mathematischen Gesellschaft der DDR sowie der KDT, BV Magdeburg, veranstaltet wird.

Sektionen:
A: Anwendung von Methoden und Verfahren der Analysis
B: Anwendung von Methoden und Verfahren der Operationsforschung
C: Anwendung von Methoden und Verfahren der Informationsverarbeitung (insbesondere interaktiver graphischer Systeme in der TEVO).

III. Symposium „Zuverlässigkeit"

Die Arbeitsgruppe „Zuverlässigkeit" der Technischen Hochschule „Otto von Guericke" Magdeburg veranstaltet am 3. und 4. September 1981 im Rahmen der „Wissenschaftlichen Tage 1981" dieses Symposium. Es ist eine Fortsetzung der bisherigen Symposien „Zuverlässigkeit" der TH Magdeburg. Die Tagung soll ein Beitrag zur Zusammenarbeit von verschiedenen Wissenschaftsgebieten und Industriezweigen des Maschinen- und Anlagenbaus auf dem Gebiet der Zuverlässigkeit leisten. Es werden Forschungsergebnisse und Erfahrungen der sozialistischen Industrie vorgestellt.
Themenkomplexe:
- Strategien, Methoden und Arbeitsmittel der Zuverlässigkeitsarbeit
- Zuverlässigkeit von Erzeugnissen und Prozessen
- Schädigungsprozeß als eine Grundlage der Unzuverlässigkeit
- Zuverlässigkeitsbezogene Probleme der Instandhaltung und der Technischen Diagnostik.

30 Neu- und Weiterentwicklungen für die medizinische Praxis

Rund 50% der Erzeugnisse des VEB Kombinat Medizin- und Labortechnik Leipzig wurden erst in den letzten fünf Jahren in die Produktion übergeleitet. Mit 30 Neu- und Weiterentwicklungen, die in neun Kombinatsbetrieben für die Branchenausstellung Medizintechnik anläßlich der Leipziger Herbstmesse 1980 realisiert wurden, konnte dieser Anteil junger Erzeugnisse weiter erhöht werden.
Aus dem Leipziger Stammbetrieb des Kombinates MLW kommt das neue Hochleistungsergometer ERGOM 101. Das Trainingsgerät für den Leistungssport bestimmt das Weltniveau und ist in erster Linie für den Radrennsport und zur exakten Leistungsmessung bei sportmedizinischen Untersuchungen konzipiert. Mit dem pneumatisch gesteuerten Beatmungsgerät Spezivent 221 zeigte der Stammbetrieb des Kombinates eine interessante Messeneuheit zur automatischen Routinebeatmung Erwachsener und großer Kinder.
Mit dem neuen Volumen- und Frequenzmonitor Ventiwarn 201 stellt der Stammbetrieb ein vollelektronisches Gerät zur Verfügung, das sowohl zur Überwachung des Atemminutenvolumens und der Atemfrequenz bei künstlicher Beatmung als auch (in Verbindung mit einem NR-Ventil) zur Überwachung intubierter spontanatmender Patienten eingesetzt werden kann. Der Monitor ist universell mit Beatmungsgeräten der verschiedensten Hersteller einsetzbar und trägt wesentlich zur Erhöhung der Sicherheit der Beatmungspatienten bei.
Zwei neue Gesichtsmasken für den Atemschutz und das weiterentwickelte Beatmungsgerät Varivent 221 ergänzen das Programm der Neu- und Weiterentwicklungen aus dem Stammbetrieb des Kombinates MLW. Das pneumatisch gesteuerte Beatmungsgerät dient zur automatischen Komfortbeatmung als assistierte und/oder kontrollierte Kurz-, Langzeit- und Dauerbeatmung im klinischen stationären Bereich, kann auch zur Narkosebeatmung verwendet werden und verfügt über modernste Mittel zur optimalen Beatmungstherapie.
Der Kombinatsbetrieb VEB MLW Medizinische Geräte Berlin komplettiert seine Baureihe von Sterilisierautomaten durch zwei neue Dampfsterilisierautomaten, die nach dem fraktionierten Vorvakuumverfahren arbeiten.
Zum Neuheitenangebot dieses Betriebes gehörten darüber hinaus fünf verschiedene Endoskopoptiken mit 4 mm Durchmesser für die Bronchoskopie, die Thorakoskopie, die Resektoskopie und die Cystoskopie, die sich vor allem durch erheblich gesteigerte Bildhelligkeit auszeichnen. Die für die Optiken einheitliche hohe Okularvergrößerung bringt eine gute Detailerkennbarkeit in einem brillianten großen Bildfeld.
Speziell für Diabetiker, aber auch für alle anderen Anwender, bei denen wenig Sterilisiergut anfällt, entwickelte der VEB MLW Dentalfabrik Treffurt einen Heißluftsterilisator mit einem Liter Nenninhalt, der über eine verschließbare Tür und eine fest eingestellte Sterilisationstemperatur von 180 °C verfügt.
Mit zwei Neuentwicklungen kam der Kombinatsbetrieb VEB MLW Medizinplaste Lichtenberg nach Leipzig. Das neue Blutübertragungsgerät hält durch einen Filter eventuelle Verunreinigungen zurück und erhöht damit die Sicherheit für die Patienten. Das zur einmaligen Verwendung bestimmte Colonsystem gestattet eine hygienisch einwandfreie Röntgenkontrasteinlauftechnik.
Zwei Neuentwicklungen offerierte auch der VEB MLW Keradenta-Werk Radeberg. Mit kleinen Abmaßen, aber mit effektiven Oberflächen von 1,3 und 1,8 m^2 zeigte der Betrieb zwei neue, außerordentlich wirkungsvolle Hohlfaserdialysatoren.
Die neue präparative Ultrazentrifuge UP 65 aus dem VEB MLW Zentrifugenbau Engelsdorf erreicht maximal 65000 U/min. Zu den wesentlichsten Anwendervorteilen gehören der automatische Arbeitsablauf, die Drehzahlregelung, die indirekte Messung und Regelung der Temperatur und das umfangreiche Zubehör.
Die mit einer Goldmedaille der Leipziger Messe ausgezeichnete Tischzentrifuge T 52 wurde als Weiterentwicklung mit umfangreicher Rotorenpalette, Drehzahlsteller, Drehzahlanzeige, 60-Minuten-Schaltuhr, dreistufiger vorwählbarer Bremse, drehzahlabhängiger Deckelzuhaltung, Deckelverriegelung und Unwuchtsicherung gezeigt.
Laboreinrichtungen für analytisch-präparative Arbeiten und Instrumente für die Laparoskopie ergänzen das Neuheitenprogramm des Kombinates MLW.

msr 7290 *W. Seidel*

IX. IMEKO-Kongreß

24. bis 28. Mai 1982 in Westberlin.
Beitragsmeldungen bis 15. Dezember 1980 und Einsendung der Kurzfassungen bis 15. Januar 1981 an: Sekretariat der WGMA beim Präsidium der KDT, 1086 Berlin, Clara-Zetkin-Str. 115/117.

KURZFASSUNGEN

Bettenhäuser, W.: IA 3.2.1.5.; 4.0.

Statisches Verhalten von Druckregelstrecken und Fragen der automatisierungsgerechten Anlagengestaltung

msr **23** (1980) H. 12, S. 664–671

Bei Druckregelstrecken sind die Verhältnisse bezüglich Struktur, Stellbarkeit, Störverhalten und Stellgliedeinsatz komplizierter als bei Durchflußregelstrecken. Häufig bestehen schon von der technologischen Aufgabenstellung her Widersprüche. Durch automatisierungsgerechte Anlagengestaltung kann solchen Schwierigkeiten vorgebeugt werden. Hierzu werden Empfehlungen einschließlich der Stellgliedauswahl für verschiedene Strukturen sowie für Festwert- und Folgeregelungen gegeben.

Thomas, K.: IA 4.6.2.2.

Kennlinien für Stellventile der Darstellung $k_p(y)$

msr **23** (1980) H. 12, S. 671–676

Aus dem allgemeinen Durchflußverhalten für Stoffstromsysteme werden Druckkennlinien zur Beschreibung des statischen Übertragungsverhaltens von Stellgliedern und solche für deren Zusammenschaltung mit Anlagen entwickelt. Repräsentativ sind solche Anwendungen, wo stellstromunabhängige Änderungen des Druckverlustes über dem Stellglied vorliegen. Die Druckkennlinien sollen als Alternativlösung die Durchflußkennlinien in sinnvoller Weise ergänzen.

Müller, S.; Pomsel, A.: IA 4.0.2.2.

Druckversorger-Reihe — neue Generation von Druckluftaufbereitungsgeräten

msr **23** (1980) H. 12, S. 680–683

Die Konzeption einer neuen Gerätereihe zur Druckluftaufbereitung wird dargelegt. Bestimmend für die neue „Druckversorger-Reihe" sind der Einsatz für alle Anwendungsbereiche pneumatischer Automatisierungsmittel, eine weiterentwickelte Filtertechnik in Verbindung mit anwendungsbreiten Methoden zur Beurteilung der Druckluftqualität und maximaler Bedienkomfort bei minimalem Installations- und Wartungsaufwand.

Šoltys, M.; Rotzsch, H.: IA 4.6.1.1.

Elektrische Stellantriebe KLIMATERM

msr **23** (1980) H. 12, S. 683–687

Der gegenwärtige Entwicklungsstand auf dem Gebiet der elektrischen Stelltechnik richtet sich auf eine Integration des Reglers in den elektrischen Stellantrieb. Ein Beispiel eines eingebauten Temperaturreglers in KLIMACT-Stellantriebe wird vorgestellt.
Neben Ersparnissen infolge des Wegfalls von Verbindungsleitungen zwischen Warte und Stellantrieb wird mit dieser Lösung der Übergang zu räumlich dezentralisierten Regelungsstrukturen unterstützt und gefördert. Für Rationalisierungsvorhaben liegt damit ein modernes Gerätesortiment vor.

Thomas, K.: IA 4.6.

Auslegung von Stelleinrichtungen auf der Basis von SI-Einheiten

msr **23** (1980) H. 12, S. 690–694

Die Berechnungsgleichungen zur Bestimmung des k_V-Wertes für Stellventile wurden dem Internationalen Einheitensystem zugänglich gemacht. Das Rechnen mit Druckgrößen sollte in der Einheit Pascal erfolgen, während für die Angaben des Nenndruckes unter Beibehaltung des bisherigen Zahlenwertes das Bar sinnvoll erscheint. Dem Projektingenieur stehen zum gesamten Stellventilprogramm neue Berechnungsblätter zur Verfügung, die auszugsweise vorgestellt werden.

Flämig, E.; Witke, W.: IA 3.2.3.1.

Eigenschaften von Thyristorstellgliedern

msr **23** (1980) H. 12, S. 695 und 696

Zur Anpassung von Thyristorstellgliedern an verschiedene Regelstrecken werden Varianten der Realisierung von unterschiedlicher funktioneller Abhängigkeit zwischen Ein- und Ausgangsspannung der Stellglieder beschrieben und der auf dieser Basis arbeitende Temperaturregler TR 4379 vorgestellt.

Fiala, V.: IA 4.0.5.5.; 4.6.

Optimierung vorgesteuerter Druckventile

msr **23** (1980) H. 12, S. 701–703

Es wird ein hydraulisches Ventil mit Vorsteuerung modelliert und auf einem Hybridrechner simuliert. Das dynamische Modell erlaubt eine eingehende Untersuchung des Einflusses der Düsenfaktoren sowie anderer Einflußgrößen. Die Ergebnisse werden grafisch dargestellt und ausführlich diskutiert. Die Rechenzeiten auf dem Hybridrechner von nur wenigen Minuten lassen eine effektive Auswertung zu.

РЕЗЮМЕ

Bettenhäuser, W.: IA 3.2.1.5.; 4.0.

Статические свойства объектов регулирования давления и вопросы оформления установок, удовлетворяющего требованиям автоматизации

msr **23** (1980) № 12, стр. 664–671

При объектах регулирования давления соотношения относительно структуры, уставки, поведения при воздействии помех и применения исполнительного элемента сложнее чем при объектах регулирования расхода. Не редко уже имеются противоречия, начиная с технологического задания. Путем оформления установки, удовлетворяющего требованиям автоматизации, указанные затруднения могут быть предупреждены. Для этой цели даны рекомендации включая выбор исполнительного элемента для разных структур, а также для стабилизирующего и следящего регулирований.

Thomas, K.: IA 4.6.2.2.

Характеристики регулирующих клапанов для изображения $k_p(y)$

msr **23** (1980) № 12, стр. 671–676

Исходя из общей характеристики расхода для систем потока вещества разработаны характеристики давления для описания статического поведения передачи исполнительных элементов, а также элементов для их подключения с установками. Репрезентативными являются такие области применения, при которых имеются изменения потери давления над исполнительным элементом, независимые от управляющего тока. Характеристики давления должны рационально дополнять в качестве альтернативного решения характеристики расхода.

Müller, S.; Pomsel, A.: IA 4.0.2.2.

Ряд приборов снабжения давлением — новое поколение приборов подготовки сжатого воздуха

msr **23** (1980) № 12, стр. 680–683

Рассмотрена концепция нового ряда приборов для подготовки сжатого воздуха. Характерным для нового „ряда приборов снабжения давлением" является их применение для всех областей применения пневматических средств автоматизации, а также усовершенствование техники фильтров в сочетании с широко используемыми методами оценки качества сжатого воздуха и макс. удобство управления при минимальных затратах монтажа и ухода.

Šoltys, M.; Rotzsch, H.: IA 4.6.1.1.

Электрические исполнительные механизмы КЛИМАТЕРМ

msr **23** (1980) № 12, стр. 683–687

Настоящий уровень развития в области электрической исполнительной техники направлен на интеграцию регулитора в электрический исполнительный механизм. Представлен пример встроенного регулитора температуры в исполнительных механизмах КЛИМАКТ. Наряду с получением экономии, связанной с отменой соединительных проводов между щитом и исполнительным механизмом путем данного решения оказана всемерная поддержка переходу на пространственно децентрализованные структуры регулирования. Для мероприятий рационализации таким образом имеется современный ассортимент приборов.

Thomas, K.: IA 4.6.

Интерпретация исполнительных устройств на основе единиц СИ

msr **23** (1980) № 12, стр. 690–694

Расчетные уравнения для определения коэффициента k_V для регулирующих клапанов сделаны доступными для Международной системы единиц. Вычисление при помощи величин давления должно производиться в единице Паскаль в то время, когда для указания номинального давления при соблюдении числового значения, принятого до сих пор, кажется целесообразным применение единицы бар. Проектант имеет новые расчетные листы для всей программы регулирующих клапанов, выписки которых здесь представлены.

Flämig, E.; Witke, W.: IA 3.2.3.1.

Свойства исполнительных тиристорных звеньев

msr **23** (1980) № 12, стр. 695 и 696

Для сопряжения тиристорных исполнительных звеньев с различными объектами регулирования описаны варианты реализации различного вида функциональной зависимости между входным и выходным напряжениями исполнительных звеньев и представлен регулитор температуры типа ТР 4379, работающий на этой основе.

Fiala, V.: IA 4.0.5.5.; 4.6.

Оптимизация клапанов давления с предварительным регулированием

msr **23** (1980) № 12, стр. 701–703

Моделирован гидравлический клапан с предварительным регулированием и имитирован на гибридной вычислительной машине. Динамическая модель позволяет подробное исследование влияния сопловых факторов, а также других влияющих величин. Результаты графически изображены и подробно обсуждены. Время вычисления на гибридной вычислительной машине несколько минут обеспечивает эффективную оценку.

SUMMARIES

Bettenhäuser, W.: IA 3.2.1.5.; 4.0.

Static Behavior of Pressure Plants and Questions of a Plant Formation Apt to Automation

msr **23** (1980) No. 12, pp. 664—671

With pressure plants the situation as to structure, technical controllability perturbation behavior and use of final control element is more complicated than in the case of flow plants. Often there are contradictions arising from the technological problem. Such difficulties may be avoided by a plant formation taking into account the automation requirements. For this, the author gives recommendations including the final control element selection for different structures as well as constant-value and servo control.

Thomas, K.: IA 4.6.2.2.

Characteristics for Control Valves Described by $k_p(y)$

msr **23** (1980) No. 12, pp. 671—676

From the general flow behavior of material flow systems the author develops pressure characteristics for describing the static transfer behavior of final control elements as well as for their coupling with plants. Such applications are representative where there are controlled flow-independent changes of the pressure loss about the final control element. The pressure characteristics are to complete the flow characteristics.

Müller, S.; Pomsel, A.: IA 4.0.2.2.

Pressure Supplier Series — New Generation of Apparates for Compressed Air Preparation

msr **23** (1980) No. 12, pp. 680—683

The authors present the conception of a new apparatus series for the preparation of compressed air. The use in all fields of pneumatic automation, an improved filter technique in connection with practicable methods for judging the compressed air quality as well as maximal operating comfort with minimal installation and maintenance expense are the most important aspects for the new pressure supplier series.

Šoltys, M.; Rotzsch, H.: IA 4.6.1.1.

Electrical Drives KLIMATERM

msr **23** (1980) No. 12, pp. 683—687

The state of the art in the field of electrical final control technique shows the trend to integrating the controller into the electrical drive. The authors present the example of a temperature controller contained in KLIMACT drives. Besides the savings due to the omission of connection lines between the supervising centre and the drive this solution supports the introduction of control structures spatially decentralized. With this, a modern assortment of apparates is available for rationalization projects.

Thomas, K.: IA 4.6.

Dimensioning of Final Control Devices on the Base of SI-Units

msr **23** (1980) No. 12, pp. 690—694

The calculation equations for determining the k_V-value of control valves have been fitted to the International Unit System. The calculation with pressure quantities is to be carried out by applying the unit Pascal whereas it seems to be reasonable to describe the nominal pressure by the unit bar, keeping the numerical value hitherto used. For the whole control valve programme the project engineer disposes of new calculation sheets which by extract are presented by the author.

Flämig, E.; Witke, W.: IA 3.2.3.1.

Characteristics of Thyristor Final Control Elements

msr **23** (1980) No. 12, pp. 695 and 696

For adapting thyristor final control elements to diverse plants the author describes variants of realizing different functional dependences between input and output voltage of the final control elements and presents the temperature controller TR 4379 working on this base.

Fiala, V.: IA 4.0.5.5.; 4.6.

Optimization of Pre-Controlled Pressure Valves

msr **23** (1980) No. 12, pp. 701—703

A hydraulic valve with pre-control is modeled and simulated on a hybrid computer. The dynamic model allows a detailed study of the influence of the nozzle factors as well as other quantities. The results are graphically presented and discussed in detail. The computing time of a few minutes on the hybrid computer permits an effective evaluation.

RÉSUMÉS

Bettenhäuser, W.: IA 3.2.1.5.; 4.0.

Le comportement statique d'objets de pression à asservir et des questions quant à la formation d'objets apte à l'automation

msr **23** (1980) No. 12, pp. 664—671

Près des objets de pression à asservir, la situation quant à la structure, commandabilité technique, caractéristique de perturbation et à l'application d'organe de régulation est plus compliquée qu'en cas d'objets de flux à asservir. Souvent, il y a des contradictions qui résultent du problème technologique. Telles difficultés peuvent être évitées par une formation d'objets qui tient compte des exigences de l'automation. Pour cela, l'auteur donne des recommandations contenant la sélection de l'organe de régulation pour de différentes structures ainsi que pour le réglage permanent et l'asservissement.

Thomas, K.: IA 4.6.2.2.

Des caractéristiques pour des soupapes de commande décrites par $k_p(y)$

msr **23** (1980) No. 12, pp. 671—676

A partir du comportement général de flux pour des systèmes de flux de matière, l'auteur développe des caractéristiques de pression pour décrire le comportement statique de transfert d'organes de commande ainsi que pour leur couplage avec des objets. Telles applications sont représentatives où des changements de la perte de pression qui sont indépendants du flux commandé existent sur l'organe de commande. Les caractéristiques de pression doivent compléter les caractéristiques de débit.

Müller, S.; Pomsel, A.: IA 4.0.2.2

Une série de fournisseurs de pression — une nouvelle génération d'appareils pour le conditionnement d'air comprimé

msr **23** (1980) No. 12, pp. 680—683

Les auteurs présentent la conception d'une nouvelle série d'appareils pour le conditionnement d'air comprimé. L'emploi dans tous les champs de l'automation pneumatique, une technique de filtrage améliorée en connexion avec des méthodes praticables pour le jugement de la qualité d'air comprimé ainsi que le confort maximal d'opération avec une dépense minimale d'installation et d'entretien sont des aspects les plus importants de la nouvelle série de fournisseurs de pression.

Šoltys, M.; Rotzsch, H.: IA 4.6.1.1.

Des entraînements électriques KLIMATERM

msr **23** (1980) No. 12, pp. 683—687

L'état présent dans le champ de la technique électrique de manoevre montre un développement à une intégration du régulateur dans l'entraînement électrique. Les auteurs présentent l'exemple d'un régulateur de température contenu dans des entraînements KLIMACT. Auprès des économies par suite de la suppression de lignes de connexion entre la centrale de surveillance et l'entraînement, cette solution supporte l'introduction de structures de réglage décentralisées spatialement. Avec cela, un assortiment moderne d'appareils est disponible pour des projets de rationalisation.

Thomas, K.: IA 4.6.

Le dimensionnement de dispositifs de manoevre sur la base d'unités SI

msr **23** (1980) No. 12, pp. 690—694

Les équations de calcul pour la détermination de la valeur k_V de soupapes de réglage ont été adaptées au Système International d'Unités. Le calcul avec des grandeurs de pression doit être exécuté à l'aide de l'unité Pascal tandis que pour la description de la pression nominale il semble raisonnable d'employer l'unité de bar tout en gardant la valeur numérique utilisée jusqu'ici. Pour tout le programme de soupapes de réglage, l'ingénieur de projet dispose de nouvelles feuilles de calcul qui sont présentées en abrégé par l'auteur.

Flämig, E.; Witke, W.: IA 3.2.3.1.

Des caractéristiques d'organes de manoevre à thyristor

msr **23** (1980) No. 12, pp. 695 et 696

Pour adapter des organes de manoevre à thyristor à des divers objets à asservir, l'auteur décrit des variantes de la réalisation de différentes dépendances fonctionnelles entre les tensions d'entrée et de sortie des organes de manoevre et présente le régulateur de température TR 4379 travaillant sur cette base.

Fiala, V.: IA 4.0.5.5.; 4.6.

L'optimisation de soupapes de refoulement pré-commandées

msr **23** (1980) No. 12, pp. 701—703

Une soupape hydraulique à pré-commande est modelée et simulée sur une calculatrice hybride. Le modèle dynamique permet d'étudier amplement l'influence des facteurs de tuyère ainsi que d'autres grandeurs. Les résultats sont présentés graphiquement et discutés en détail. Le temps de calcul de peu de minutes sur la calculatrice hybride rend possible une évaluation efficace.

Bestellschein

Die aufgeführten Bücher können Sie mit diesem Bestellschein im Inland beim örtlichen Buchhandel bestellen.

Expl.

Grundlagen der Elektrotechnik
Band 1 Gleichspannungstechnik
Lehrbuch für Ingenieurschulen der Elektrotechnik
Von *H. Grafe, J. Loose* und *H. Kühn.*
9., durchgesehene Aufl., 242 Seiten, zahlr. Bilder.
Kunstleder 16,— M
Bestell-Nr. 552 605 7

Fertigungsverfahren in der Gerätetechnik
Von *F. Grünwald.*
1. Aufl., 576 Seiten, 461 Bilder,
158 Tafeln,
Leinen 48,— M
Bestell-Nr. 552 842 3 .....

Vorrichtungen
Gestalten Bemessen Bewerten
Von *H. Thiel.*
6., stark bearbeitete Aufl.,
340 Seiten, 368 Bilder, 62 Tafeln,
Kunstleder 21,50 M
Bestell-Nr. 552 812 4 .....

Darüber hinaus können Sie alle in der „msr" angezeigten und rezensierten Bücher des VEB Verlag Technik ebenfalls mit diesem Vordruck bestellen.

Expl.

.....
Name, Vorname

.....
Anschrift mit Postleitzahl

....
Datum Unterschrift

messen · steuern · regeln

Herausgeber	Kammer der Technik
Verlag	VEB Verlag Technik DDR-1020 Berlin, Oranienburger Str. 13/14 Telegrammadresse: Technikverlag Berlin Telefon: 28700; Telex: 0112228 techn dd
Verlagsleiter	Dipl.-Ök. *Herbert Sandig*
Redaktion	Dipl.-Ing. *Dieter Herrmann*, Verantwortlicher Redakteur (komm.); Telefon: 2870362 und 2870374
Lizenz-Nr.	1112 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik
AN (EDV)	15936
Erscheinungsweise	monatlich 1 Heft
Heftpreis	4,— M, Abonnementpreis vierteljährlich 12,— M; Auslandspreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebes BUCHEXPORT zu entnehmen.
Gesamtherstellung	VEB Druckerei „Thomas Müntzer", 5820 Bad Langensalza
	Umschlag — eingetragene Schutzmarke des Warenzeichenverbandes Regelungstechnik e. V., Berlin
Anzeigenannahme	DDR-Anzeigen: DEWAG Berlin, 1026 Berlin, Rosenthaler Str. 28–31 (Telefon: 2362776), und alle DEWAG-Zweigstellen. Anzeigenpreisliste Nr. 6 Auslandsanzeigen: Interwerbung GmbH, DDR-1157 Berlin, Hermann-Duncker-Str. 89
Erfüllungsort und Gerichtsstand	Berlin-Mitte. Der Verlag behält sich alle Rechte an den von ihm veröffentlichten Aufsätzen und Abbildungen, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen, vor. Auszüge, Referate und Besprechungen sind nur mit voller Quellenangabe zulässig.
Bezugsmöglichkeiten	
DDR	sämtliche Postämter; örtlicher Buchhandel; VEB Verlag Technik
UdSSR	Gebiets- und Städtische Abteilungen von Sojuzpečat' und Postämter
SVR Albanien	Spedicioni Shtypit te Jashtem, Tirane
VR Bulgarien	Direkzia R.E.P., 11 a, Rue Paris, Sofia
VR Polen	ARS POLONA, Krakowskie Przedmieście 7, 00-068 Warszawa
SR Rumänien	Directia Generala a Postei şi Difuzarii Presei, Palatul Administrativ, Bucureşti
ČSSR	PNS, Vinohradská 46, 12043 Praha 2 PNS, Gottwaldovo nám. 48, 88419 Bratislava
Ungarische VR	P.K.H.I., P.O.B. 16, 1426 Budapest
Republik Kuba	Instituto Cubano del Libro, Centro de Exposición, Belascoain 804, La Habana
VR China	China National Publications Import Corporation, P.O. Box 88, Peking
SR Vietnam	XUNHASABA, 32, Hai Ba Trung, Hanoi
Koreanische VDR	CHULPANMUL Korea Publications Export & Import Corporation, Pyongyang
SFR Jugoslawien	Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, Beograd; Izdavačko Knjižarsko Produzeće MLADOST, Ilica 30, Zagreb
BRD und Westberlin	ESKABE Kommissions-Grossobuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Gebrüder Petermann, BUCH + ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstr. 111, Berlin(West) 30; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141–167, Berlin (West) 52, sowie weitere Grossisten und VEB Verlag Technik, DDR-102 Berlin, Postfach 293
Österreich	Globus Buchvertrieb, Höchstädtplatz 3, A-1206 Wien
Schweiz	Genossenschaft Literaturvertrieb, Cramerstr. 2, CH-8004 Zürich
Alle anderen Länder	örtlicher Buchhandel; BUCHEXPORT Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, DDR-7010 Leipzig, Postfach 160; VEB Verlag Technik, DDR-1020 Berlin, Postfach 293

Annahmebedingungen

Die Redaktion veröffentlicht nur solche Beiträge, die noch an keiner anderen Stelle des In- und Auslandes in dieser Form erschienen sind oder bis zur Veröffentlichung erscheinen werden und die die Verfasser bis zum Ablauf des ersten, dem Erscheinen folgenden vollen Kalenderjahres an keiner anderen Stelle veröffentlichen, ohne hierzu vorher die Zustimmung der Redaktion der Zeitschrift eingeholt zu haben. Mit der Annahme und Veröffentlichung des Manuskriptes geht das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder auf den Verlag über. Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung der Redaktion nicht gestattet, fotografische Vervielfältigungen, Mikrofilme u. a. von Heften der Zeitschrift, einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen. Ferner behält sich die Redaktion Änderungsvorschläge nach der Durcharbeitung der Beiträge vor. Beiträge müssen eine Kopie der Veröffentlichungsfreigabe des Betriebes bzw. des Instituts enthalten.

Richtlinien für die Manuskriptgestaltung sind dem Heft 1 (Beilage) messen · steuern · regeln 1979 zu entnehmen bzw. werden von der Redaktion auf Anfrage zugesandt. Die Einhaltung dieser Gesichtspunkte garantiert eine sofortige Bearbeitung und verzögerungsfreie Veröffentlichung der Arbeit in der Zeitschrift.

Hierbei handelt es sich um neue Titel aus der UdSSR, die dem sowjetischen Neuerscheinungsdienst „Novye knigi" entnommen sind. Die Bücher können über den Volksbuchhandel bestellt werden.

[1] Kibernetičeskie sistemy (Kybernetische Systeme). Mecniereba (Gruz. SSR). 2. Quart. 1980. NK-No. 3–80 (101).

[2] Teoretičeskaja kibernetika (Theoretische Kybernetik). Mecniereba (Gruz. SSR). 3. Quart. 1980. NK-No. 3–80 (103).

[3] *Majnika, E.:* Algoritmy optimizacii na setjach i grafach (Algorithmen zur Optimierung auf Netzwerken und Graphen. Übers. aus dem Engl.). Mir. 2. Quart. 1981. NK-No. 6–80 (26).

[4] *Mak-Kraken, D.:* Rukovodstvo po programmirovaniju na jazyke PL/M dlja mikro-EVM (Anleitung zur Programmierung in der Sprache PL/M für Mikro-EDVA. Übers. aus dem Engl.). Mir. 4. Quart. 1981. NK-No. 6–80 (27).

[5] *Mejer, B., Boduen, K.:* Metody programmirovanija (Methoden zur Programmierung. Übers. aus dem Engl.). Mir. 4. Quart. 1981. NK-No. 6–80 (31).

[6] *Mitcell, A., Uejt, R.:* Metod konečnych elementov dlja upravlenij s častnymi proizvodnymi (Methode endlicher Elemente für partielle Differentialgleichungen. Übers. aus dem Engl.). Mir. 1. Quart. 1981. NK-No. 6–80 (34).

[7] *Norri, D., de Vris, Ž.:* Vvedenie v metod konečnych elementov (Einführung in die Methode endlicher Elemente. Übers. aus dem Engl.). Mir. 4. Quart. 1981. NK-No. 6–80 (36).

[8] *Otnes, R., Enokson, L.:* Prikladnoj analiz vremennych rjadov (Angewandte Zeitreihenanalyse. Übers. aus dem Engl.). Mir. 2. Quart. 1981. NK-No. 6–80 (37).

[9] *Springer, T.:* Teorija invariantov (Theorie der Invarianten. Übers. aus dem Engl.). Mir. 4. Quart. 1981. NK-No. 6–80 (39).

[10] *Ch'juz, Č., Pfliger, Č., Rouz, L.:* Metody programmirovanija (Methoden der Programmierung. Übers. aus dem Engl.). Mir. 2. Quart. 1981. NK-No. 6–80 (42).

[11] *Ešli, R., Fernandes, D. N.:* Jazyk upravlenija zadaniem (Sprache der Auftragssteuerung. Übers. aus dem Engl.). Mir. 2. Quart. 1981. NK-No. 6–80 (44).

[12] *Efimov, I. E., Verlan', A. F., Latyšev, A. V.:* Vyčislitel'nye processy v sistemach upravlenija i modelirovanija (Rechentechnische Prozesse in Systemen der Steuerung und Modellierung). Sudostroenie. 3. Quart. 1981. NK-No. 10–80 (90).

[13] Spravočnik po cifrovoj vyčislitel'noj technike (matematičeskoe obespečenie cifrovych vyčislitel'nych mašin) (Nachschlagewerk zur digitalen Rechentechnik (software digitaler Rechenmaschinen)). Technika (USSR). 3. Quart. 1981. NK-No. 14–80 (75).

[14] *Čursin, N. N.:* Populjarnaja informatika (Populäre Informatik). Technika (USSR). 3. Quart. 1981. NK-No. 14–80 (76).

[15] Adaptivnye sistemy avtomatičeskogo upravlenija. Vyp. 9 (Adaptive Systeme der automatischen Steuerung. Band 9). Technika (USSR). 2. Quart. 1981. NK-No. 14–80 (203).

[16] *Avramenko, V. N.:* Primenenie CVM dlja rasčetov elektromechaničeskich perechodnych processov (Anwendung der EDVA zur Berechnung elektromechanischer Übergangsprozesse). Naukova dumka (USSR). 2. Quart. 1981. NK-No. 16–80 (114).

[17] *Sul'gin, V. A.:* Kontrol' i upravlenie v bol'šich sistemach (Kontrolle und Steuerung in Großen Systemen). Izd-vo Leningr. un-ta. 1. Quart. 1981. NK-No. 17–80 (150).

[18] *Lisičkin, V. A., Golynker, E. I.:* Prinjatie rešenij na osnove prognozirovanija v uslovijach ASU (Entscheidungsfindung auf der Grundlage von Prognosen unter Bedingungen von ASU). Statistika. 3. Quart. 1981. NK-No. 18–80 (23).

[19] *Parnickij, G.:* Osnovy statističeskoj informatiki (Grundlagen der statistischen Informatik). Statistika. 1. Quart. 1981. NK-No. 18–80 (24).

[20] *Romakin, M. I.:* Optimizacija planirovanija proizvodstva (Optimierung der Produktionsplanung). Statistika. 4. Quart. 1981. NK-No. 18–80 (25).

[21] *Maksimenko, V. I., Ertel', D.:* Prognozirovanie v nauke i technike (Prognose in Wissenschaft und Technik). Statistika. 4. Quart. 1981. NK-No. 18–80 (26).

[22] Effektivnost' vnedrenija EVM na predprijatii (Effektivität der Einführung von EDVA in Betriebe). Statistika. 2. Quart. 1981. NK-No. 18–80 (27).

[23] *Michok, G., Ursjanu, V.:* Vyboročnyj metod i statističeskoe ocenivanie (Stichprobenverfahren und statistische Schätzung. Übers. aus dem Rum.). Statistika. 4. Quart. 1981. NK-No. 18–80 (49).

[24] *Chejs, D.:* Pričinnyj analiz v statističeskich issledovanijach (Kausalanalyse in statistischer Forschung. Übers. aus dem Engl.). Statistika. 1. Quart. 1981. NK-No. 18–80 (62).

[25] *Erenberg, A.:* Analiz i interpretacija statističeskich dannych (Analyse und Interpretation statistischer Daten. Übers. aus dem Engl.). Statistika. 3. Quart. 1981. NK-No. 18–80 (64).

[26] *Butrimenko, A. V.:* Razrabotka i ekspluatacija setej EVM (Entwicklung und Betrieb von Rechnernetzen). Statistika. 2 Quart. 1981. NK-No. 18–80 (92).

[27] *Grebennikov, L. K., Lebedev, V. N.:* Rešenie zadač na PL/1 v OS ES (Aufgabenlösung in PL/1 für ESER-Anlagen im OS). Statistika. 1. Quart. 1981. NK-No. 18–80 (94).

[28] Dialogovaja sistema programmirovanija DISP (Dialog-Programmiersystem DISP). Statistika. 4. Quart. 1981. NK-No. 18–80 (95).

[29] *Zajceva, Z. N.:* Programmirovanie v OS ES na baze jazyka Assemblera (Programmierung für OS/ES auf der Grundlage von Assembler). Statistika. 3. Quart. 1981. NK-No. 18–80 (97).

[30] Matematičeskie algoritmy i programmy dlaj malych EVM (Mathematische Algorithmen und Programme für Kleinrechner). Statistika. 3. Quart. 1981. NK-No. 18–80 (100).

[31] *Ovčarov, L. A., Seletkov, S. N.:* Avtomatizirovannye banki dannych (ABD) (Automatisierte Datenbanken (ASB)). Statistika. 4. Quart. 1981. NK-No. 18–81 (102).

[32] Elektronnaja vyčislitel'naja mašina ES-1045 (Elektronische Datenverarbeitungsanlage ES-1045). Statistika. 3. Quart. 1981. NK-No. 18–81 (110).

[33] Matematičeskie metody v issledovanii operacij (Mathematische Methoden in der Operationsforschung). Izd-vo Mosk. un-ta. 1. Quart. 1981. NK-No. 19–80 (66).

[34] *Berdž, V.:* Metody rekursivnogo programmirovanija (Methoden der rekursiven Programmierung. Übers. aus dem Engl.). Mašinostroenie. 4. Quart. 1981. NK-No. 23–80 (56).

[35] *Geller, D. P., Fridman, D. P.:* Strukturnoe programmirovanie na jazyku APL (Strukturelle Programmierung in der Sprache APL. Übers. aus dem Engl.). Mašinostroenie. 4. Quart. 1981. NK-No. 23–80 (57).

[36] *Drozdov, E. A., Komarnickij, V. A., Pjatibratov, A. P.:* EVM Edinoj sistemy (EDVA der ESER-Reihe). Mašinostroenie. 4. Quart. 1981. NK-No. 23–80 (58).

[37] *Martin, Dž.:* Telesvjaz' i EVM (Fernverbindung und EDVA. Übers aud dem Engl.). Mašinostroenie. 1. Quart. 1981. NK-No. 23–80 (59).

[38] *Melsa, Dž. L., Džons, S. K.:* Programmy v pomošč' izučajuščim teoriju linejnych sistem upravlenija (Programme zur Unterstützung des Studiums der Theorie linearer Steuerungssysteme. Übers. aus dem Engl.). Mašinostroenie. 1. Quart. 1981. NK-No. 23–80 (60).

[39] Minimizacija v inženernych rasčetach na EVM (Minimierung in ingenieurtechnischen Berechnungen auf der EDVA). Mašinostroenie. 2. Quart. 1981. NK-No. 23–80 (61).

[40] *Mutter, V. M.:* Analogo-cifrovye avtomatičeskie sistemy (Analog-digitale automatische Systeme). Mašinostroenie. 4. Quart. 1981. NK-No. 23–80 (62).

msr 7282

15936-12 114 920 164
HAUPTBIBBUNA
4200-2412 PF-

Berechnung von Regelsystemen auf Digitalrechnern

Anwendung von Spektral- und Interpolationsmethoden

Von einem Autorenkollektiv.
Deutsch-sowjetische Gemeinschaftsentwicklung und Gemeinschaftsauflage mit dem Verlag Mašinostroenie Moskau. 576 Seiten, 132 Bilder, 10 Tafeln, Leinen, 74,— M, Ausland 95,— M.
Bestell-Nr. 5524967.

Dieses Gemeinschaftswerk der sowjetischen Wissenschaftler W. W. Solodownikow, W. W. Semjonow und der DDR-Wissenschaftler M. Peschel und D. Nedo soll die Berechnung komplexer Regelsysteme auf dem Digitalrechner erleichtern. Beiden in der Monographie behandelten Methoden ist gemeinsam, daß es sich um eine blockorientierte Simulation handelt. Dabei werden Verfahren vorgeschlagen, die vom numerisch-mathematischen Standpunkt aus sehr effektiv sein können. Die rechentechnische Effektivität hängt von der geeigneten Wahl der Koordinatenfunktionen für die Entwicklung von Ein- und Ausgangssignalen aller beteiligten Teilsysteme ab. Zum Teil gibt es Möglichkeiten der Parameteroptimierung, der Signalentwicklungen und auch der Schrittweitensteuerung.

Die sowjetische Methode beruht auf der Entwicklung der Signale nach Orthogonalreihen auf zeitveränderlichen Intervallen, die Methode der DDR-Wissenschaftler auf der Signalentwicklung nach verallgemeinerten Taylor-Reihen. In beiden Fällen werden die Zeitfunktionen bei der Darstellung im Rechner durch die Koeffizientenfolgen dieser Signalentwicklungen ersetzt. Die Übertragungsoperatoren aller Teilsysteme erhalten dann eine Matrixdarstellung.

Die Wirksamkeit beider Methoden wird durch eine Fülle praktischer Beispiele demonstriert. Als komplexes Beispiel werden dynamische Untersuchungen an einem Teilchenbeschleuniger vorgestellt.

Das Buch ist für alle Automatisierungsingenieure interessant, die sich der Digitalrechentechnik für den Systementwurf bedienen.

Vertriebsrechte für BRD, Berlin(West), Österreich und Schweiz vergeben.

Auslieferung durch den Buchhandel

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN